Les systèmes géothermiques résidentiels

Guide de l'acheteur

Ressources naturelles Canada
Natural Resources Canada

Canada

Les systèmes géothermiques résidentiels : Guide de l'acheteur

Publié par :
Ressources naturelles Canada
Direction des ressources énergétiques
Division de l'énergie renouvelable et électrique
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléc. : (613) 995-0087
Site Web : www.rncan.gc.ca/penser

Remarque importante

La présente brochure a pour objet d'aider le lecteur à prendre la décision d'acheter et d'installer un *système géothermique (SG)*. C'est une décision complexe qui repose sur de nombreuses variables. Cette brochure ne peut donc offrir suffisamment d'information pour évaluer toutes les caractéristiques d'un système, ni ne prétend expliquer – comment – l'installer, l'utiliser et l'entretenir. Il appartient donc aux acheteurs éventuels de se mettre à la recherche d'une aide et de conseils judicieux pour suppléer au manque d'information contenue dans cette brochure. Ils doivent, en outre, communiquer avec leurs services publics locaux et avec les organismes gouvernementaux pour s'assurer que leur nouveau système respecte tous les codes pertinents de l'électricité et du bâtiment et les règlements de zonage.

Ressources naturelles Canada rejette toute forme de responsabilité envers toute personne qui, après avoir lu l'information contenue dans cette brochure, subit des blessures, des dommages à la propriété ou des pertes. Cette brochure est diffusée à titre de renseignement seulement et ne reflète pas les points de vue du gouvernement canadien, n'avalise aucun produit mis sur le marché, ni n'appuie aucune personne.

Toutes les photographies du présent guide, sauf celle de la page 20, sont une gracieuseté de Ed Lohrenz, de Ice Kube Systems.

© Sa Majesté la Reine du Chef du Canada, 2003

ISBN 0-662-86173-2

N° de catalogue M92-236/2001F

This publication is also available in English under the title:
Residential Earth Energy Systems: A Buyer's Guide

Table des matières

COMMENT UTILISER CE GUIDE? iv

1. INTRODUCTION AUX SYSTÈMES GÉOTHERMIQUES 1
Définition de la géothermie 1
Comment fonctionnent les systèmes géothermiques? 1
Diversité des systèmes géothermiques 4
Avantages à retirer des systèmes géothermiques 9

2. INSTALLATION D'UN SYSTÈME GÉOTHERMIQUE DANS UNE MAISON NEUVE 16
Conception architecturale 16
Conception d'un système pour une maison neuve 16
Systèmes de distribution 18
Contrôles 19
Coûts de l'acquisition d'un SG 20

3. INSTALLATION D'UN SYSTÈME GÉOTHERMIQUE DANS UNE MAISON DÉJÀ CONSTRUITE 24
Emplacement et services existants 24
Conception d'un système dans une maison déjà construite 25
Améliorations possibles 27
Enlèvement de l'équipement en place 28

4. CHOIX D'UN ENTREPRENEUR, ENTRETIEN ET DÉPANNAGE 29
Choix d'un entrepreneur en géothermie 29
Contrat de base 29
Entretien et dépannage 29
Dépannage nécessitant les services d'un entrepreneur 30

5. DÉSIREZ-VOUS OBTENIR DE PLUS AMPLES RENSEIGNEMENTS? 31

6. ANNEXE : LISTE DE VÉRIFICATION DE L'INSTALLATION 32

7. GLOSSAIRE 34

8. TABLE DE CONVERSION 39

9. QUESTIONNAIRE À L'INTENTION DU LECTEUR 41

Comment utiliser ce guide?

La brochure intitulée *Les systèmes géothermiques résidentiels : Guide de l'acheteur* offre de l'information aux propriétaires qui **prévoient acheter** une *thermopompe* puisant l'énergie dans le sol pour leur maison, neuve ou déjà construite. Vous avez peut-être déjà pris connaissance du dépliant connexe intitulé *Introduction aux systèmes géothermiques*.

Vous souhaitez donc en ce moment en savoir davantage sur un système renouvelable et écoénergétique de régulation du climat l'année durant.

La **section 1** décrit les *systèmes géothermiques* : ce qu'ils sont, leur fonctionnement, les différentes catégories, les avantages à en retirer et la quantité de géothermie nécessaire à leur fonctionnement. Que vous achetiez ou construisiez une maison neuve ou encore que vous planifiez modifier la maison que vous possédez déjà, il vous faut lire la section 1.

Les **acheteurs de maisons neuves** devront lire la **section 2**. Vous apprendrez l'influence de l'architecture de votre maison sur le *système géothermique*. On y recommande également les meilleurs concepts de systèmes selon le genre de maison et on y compare leurs frais de fonctionnement avec d'autres systèmes de chauffage et de refroidissement.

La **section 3** s'adresse aux propriétaires qui aimeraient installer un *système géothermique* dans **la maison qu'ils possèdent déjà**. La conception et le système qui conviennent à la maison où vous vivez peuvent être très différents de ceux des systèmes réguliers. En raison de cette situation et pour faciliter le plus possible l'installation de votre nouveau système, vous devez dresser un plan. Cette section touche différentes façons d'améliorer votre système de chauffage et de refroidissement, établit des comparaisons entre les frais de fonctionnement de chacun et dresse la liste des étapes importantes à franchir pour garder votre système en bon état. Il vous faudra également lire certains articles de la section 2 qui s'appliquent à votre cas.

La **section 4** intéresse **tous les lecteurs** – ceux qui achètent ou construisent une maison neuve comme ceux qui améliorent ou rénovent celle qu'ils possèdent déjà. Cette section aborde également le service et l'entretien ainsi que le dépannage de base.

À la fin du guide, vous trouverez un glossaire dans lequel sont définis les termes utilisés dans l'industrie de la géothermie (indiqués en italiques tout au long du présent guide sauf pour les légendes d'illustrations ou de photographies, p. ex., *eau souterraine*) et une annexe intitulée *Liste de vérification de l'installation*. Remettez cette liste à votre entrepreneur qui doit la remplir, la signer puis vous en remettre deux copies.

> On utilise dans l'industrie d'autres termes pour décrire les *systèmes géothermiques*, notamment thermopompes, géothermopompes, systèmes GeoExchange® et pompes à chaleur géothermique.

1 Introduction aux systèmes géothermiques

Définition de la géothermie

Le soleil a toujours été une source de chaleur pour la Terre. Son énergie réchauffe directement notre planète, mais aussi indirectement. Sa chaleur évapore l'eau des lacs et des rivières qui reviendra éventuellement sur terre et s'y infiltrera. Quelques mètres de sol de surface isolent la terre et l'*eau souterraine* en dessous. La chaleur de la terre et de l'*eau souterraine* en dessous offriront une source d'énergie gratuite et renouvelable tant et aussi longtemps que le soleil brillera dans le ciel. La terre sous un terrain résidentiel moyen de banlieue procure gratuitement assez d'énergie pour chauffer et refroidir une maison qui y est construite.

Il ne reste qu'à transporter cette énergie gratuite de la terre à votre maison. Pour ce faire, il faut tirer directement l'*eau souterraine* d'un puits et en extraire la chaleur à l'aide d'une *thermopompe*. En outre, un réseau de tuyauterie souterrain, appelé *boucle*, peut être enfoui hors des limites de la maison pour y faire circuler un liquide, de l'eau ou de l'*antigel*. Ce liquide, appelé fluide caloporteur, retient la chaleur tirée de l'*eau souterraine* et du sol et la transfère à la *thermopompe*. Cette dernière extrait, au moyen du fluide, la chaleur du soleil absorbée par le sol. Le fluide maintenant refroidi passe dans un *échangeur thermique* à plusieurs reprises afin d'extraire le plus de chaleur possible de la terre.

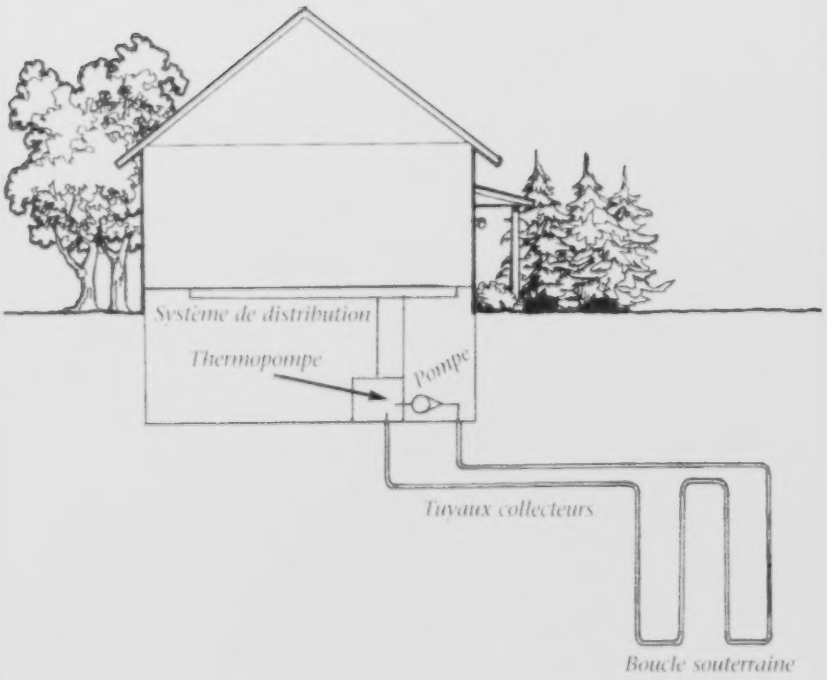
Si votre maison avoisine un étang ou un lac adéquat, vous pouvez tirer gratuitement de l'énergie de cette excellente source qui pourra alimenter un *système géothermique (SG)*.

Disposer d'une *boucle souterraine* autour de sa maison est comme posséder son propre puits de pétrole, sauf qu'au lieu de tirer du pétrole d'une poche souterraine et de le brûler afin d'obtenir de la chaleur (et des *gaz à effet de serre*), vous retirez une énergie propre qui aura une durée égale à celle du soleil.

Une *boucle souterraine* bien conçue n'abîmera ni la terre ni les plantes qui poussent au-dessus. Rien ne laisse paraître l'endroit où elle est enfouie; si votre système utilise de l'*eau souterraine*, le seul effet produit est une variation de température de quelques degrés. Enfin, un système d'*eau souterraine* bien conçu ne gaspille pas d'eau puisqu'il la retourne à la terre au moyen d'un *puits de retour*.

Comment fonctionnent les systèmes géothermiques?

L'énergie thermique extraite du sol par votre SG est qualifiée de *chaleur à basse température*. En d'autres mots, cette chaleur n'est pas suffisante pour chauffer votre maison sans l'avoir d'abord concentrée ou, d'une certaine façon, améliorée. Cependant, cette chaleur abonde puisque la température moyenne du sol à quelques mètres sous la surface est semblable à la température annuelle moyenne de l'air extérieur et elle est même parfois plus élevée. Ainsi, à Toronto, la température annuelle moyenne de l'air s'élève à 8,9 °C, alors que celle du sol atteint 10,1 °C. Il importe de remarquer que la température du sol (10,1 °C) demeure inchangée, de la journée



Composants d'un SG ordinaire.

la plus chaude de l'été à la plus froide de l'hiver. Voilà pourquoi certains de nos ancêtres très éloignés vivaient dans des cavernes qui les protégeaient des températures extrêmes de l'hiver et de l'été. C'est ce qui explique également l'efficacité des SG; ils utilisent avec régularité une source assez chaude (provenant du sol ou de l'eau) dont ils tirent leur énergie.

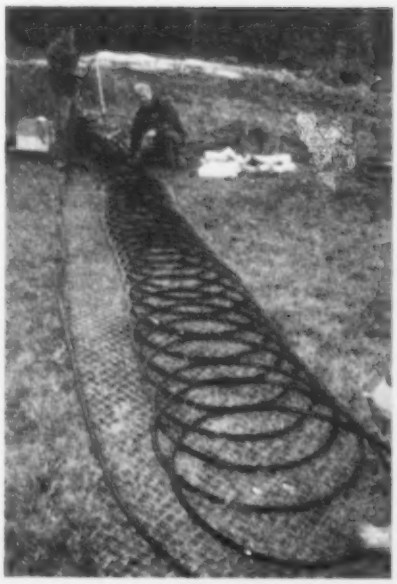
Composants essentiels d'un SG

La figure de la page 1 nous montre un SG ordinaire. Il est constitué de trois éléments principaux : un *boucle*, une *thermopompe* et un *système de distribution*. Les sections suivantes décrivent quelques-unes des différentes catégories de *boucles*, de *thermopompes* et de *systèmes de distribution* utilisés couramment dans la construction d'un SG canadien.

Une *boucle* est formée à l'aide de tuyaux de plastique qu'on enfouit, à l'extérieur de la maison, soit dans un fossé horizontal (*boucle horizontale*), soit dans des trous creusés dans le sol (*boucle verticale*). La *boucle* peut également être installée au fond d'un lac ou d'un étang environnant (*boucle de lac* ou *boucle d'étang*). Un SG fonctionne de la façon suivante : il fait circuler un liquide (le fluide caloporteur) au moyen d'une *boucle* jusqu'à une *thermopompe* placée dans la maison. Cette pompe refroidit le liquide et distribue la chaleur recueillie dans toute la maison. Le liquide refroidi est retourné à la *boucle*, et comme il est plus froid que le sol, il peut retirer encore plus de chaleur du sol environnant. On désigne souvent les *boucles* comme un ensemble, par *circuit fermé*, puisque le même liquide circule sans arrêt dans un système fermé.

Une autre méthode consiste à pomper de l'*eau souterraine* ou l'eau d'un puits directement au moyen d'une *thermopompe*. Un SG qui utilise de l'*eau souterraine* est souvent appelé un système à circuit ouvert. La *thermopompe* refroidit l'eau du puits qui revient habituellement au sol, dans un *puits de retour*. Pour faire fonctionner un SG à circuit ouvert, il faut deux puits fiables dont l'eau contient peu de corps minéraux dissous pouvant causer une accumulation graduelle ou de la rouille à la longue puisqu'elle est acheminée à travers l'*échangeur thermique* de la *thermopompe*.

Dans les deux cas, une pompe fait circuler un liquide dans une *boucle* et dans la *thermopompe*. Cette dernière refroidit le liquide (ou recueille la chaleur qui y est conservée) lorsqu'elle est utilisée comme source de chaleur et la retourne à la *boucle* pour récupérer de nouveau de la chaleur. Le système d'une grande maison exigera une *thermopompe* plus puissante, une *boucle souterraine* plus étendue et une *pompe circulatrice* adaptée aux besoins.



Une boucle en spirale peut être installée sous terre, ou dans un étang ou un lac.

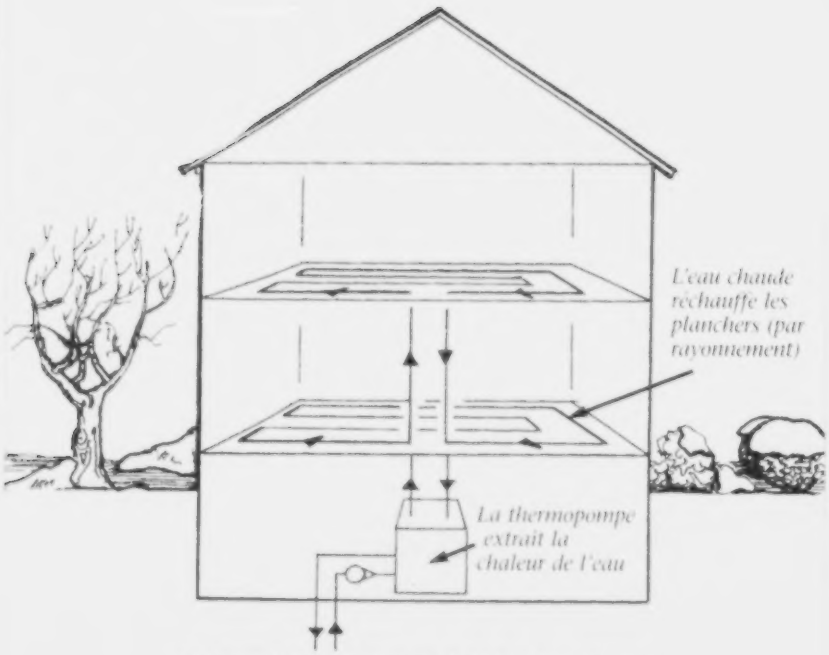
Après que le SG a retiré l'énergie thermique de la *boucle souterraine* et qu'il l'a élevée à une température utilisable dans la maison, il répartit la chaleur également dans toutes les pièces au moyen d'un *système de distribution*. Il peut utiliser de l'air ou de l'eau pour transférer la chaleur de la *thermopompe* à la maison. L'air pulsé est le *système de distribution* le plus utilisé dans la plupart des régions du Canada, bien que le *système de chauffage à eau chaude* soit assez répandu.

Systèmes à air pulsé

Une *thermopompe* dans un SG à air pulsé utilise un *échangeur thermique* pour retirer l'énergie thermique du *frigorigène* afin de chauffer l'air qui est soufflé au-dessus de lui. L'air est poussé directement dans les différentes pièces de la maison au moyen de conduits, comme le font les *appareils de chauffage à combustibles fossiles* ou électriques à air pulsé. Les avantages offerts par un SG à air pulsé sont les suivants :

- il peut diffuser de l'air frais provenant de l'extérieur dans toute la maison;
- il peut climatiser la maison (en retirant la chaleur de l'air et en la transférant à la *boucle souterraine*) tout comme pour la chauffer;
- il peut filtrer l'air de votre maison lorsqu'elle circule dans le système.

Un SG élève la température de l'air qui passe dans la *thermopompe* de 10 à 15 °C et les *appareils de chauffage à combustibles fossiles* ou électriques de 20 à 30 °C. Un SG doit donc de ce fait déplacer plus d'air dans la maison pour répartir la même quantité de chaleur qu'un *appareil*



Chauffage à eau chaude dans le plancher.

de chauffage classique. Ainsi, pour construire un *SG* à air pulsé efficace et silencieux, l'entrepreneur qui conçoit les conduits doit tenir compte de la grande quantité d'air qui doit y circuler. Il doit placer de l'*isolation acoustique* à l'intérieur du *plenum* et des premiers mètres de conduits et un *raccord souple* entre la *thermopompe* et le conduit principal afin d'assurer un fonctionnement silencieux.

Systèmes de chauffage à eau chaude

Comme nous l'avons dit précédemment, une *thermopompe* peut chauffer soit de l'air, soit de l'eau. Dans le dernier cas, elle distribue la chaleur au moyen d'un *système de chauffage à eau chaude*. Si vous décidez d'installer ce système dans votre maison, notez bien que les *thermopompes* sur le marché en ce moment ne chauffent pas l'eau au-dessus de 50 °C.

Le choix d'un équipement pour distribuer la chaleur dans votre maison est donc limité. Le radiateur-plinthe à eau chaude fonctionne avec une eau chauffée à 65 ou 70 °C et son efficacité est réduite lorsque l'eau est moins chaude. Il vous faudra donc installer des radiateurs plus puissants – ou en plus grand nombre – afin de distribuer une quantité égale de chaleur. Par contre, vous pouvez réduire les pertes de chaleur de votre maison en ajoutant de l'isolation; vos pertes de chaleur ne seront que plus faibles.

Vous pouvez aussi installer un *système de chauffage par rayonnement des planchers*. Ces systèmes deviennent de plus en plus populaires parce qu'ils peuvent accroître le confort et améliorer leur efficacité. Encore une fois, vous devez vous assurer que votre système de chauffage par rayonnement dans le plancher ne dépasse pas les capacités de température de votre *SG*.

La différence de température entre la *boucle souterraine* et le *système de distribution* de l'eau chaude provient de l'efficacité du *SG*; plus grande sera la différence, moins efficace sera le système. En principe, un *SG* extrait la chaleur de la terre à environ 0 °C. Si un système de chauffage par rayonnement dans le plancher nécessite une température de 50 °C pour chauffer votre maison, la *thermopompe* produira environ 2,5 unités de chaleur pour chaque unité d'électricité utilisée pour le faire fonctionner. Si ce système ne demande que de l'eau chaude à 40 °C, il produira 3,1 unités de chaleur pour chaque unité d'électricité utilisée pour le faire fonctionner. En d'autres mots, son efficacité sera accrue d'environ 25 p. 100.

Reprenons la situation sous un autre aspect; si vous disposiez d'une source d'eau chaude pour réchauffer votre maison, vous n'auriez pas besoin de *thermopompe*. Une source d'eau chaude est tout à fait gratuite et constitue une source d'énergie efficace à 100 p. 100. Mais si la température de l'eau de votre puits doit être élevée de 5 °C pour chauffer votre maison, il vous faut ajouter une forme d'énergie supplémentaire. Si vous devez élever la température de 20 °C, il vous faudra encore plus d'énergie. Plus grande est la différence de température, plus grande est la quantité d'énergie dont vous aurez besoin.

Si vous songez à installer un système de chauffage par rayonnement dans le plancher de votre maison, vous devez informer la personne qui prépare les plans que vous prévoyez utiliser un *SG*. Veillez à ce qu'elle tienne compte des points suivants :

- laisser un espace de 20 cm (plutôt que 30 cm) entre les tuyaux du plancher réduira la température de l'eau nécessaire pour chauffer votre maison de 4 à 5 °C et augmentera l'efficacité de votre *SG* d'environ 10 p. 100;
- couvrir vos tuyaux de chauffage de béton ou de *Gypcrete* plutôt que de plaques réflectorisées en aluminium réduira la température requise de 12 à 15 °C et augmentera l'efficacité de votre *SG* de 25 à 30 p. 100.
- suspendre les tuyaux dans l'espace entre les solives sous le plancher signifie que vous aurez besoin d'une température supérieure à celle que pourra produire votre *SG*, à moins que la perte de chaleur dans cet espace soit très faible;
- placer l'isolation sous un plancher de dalles sur terre-plein ou sous un plancher de sous-sol réduira la perte de chaleur du sol en dessous;
- installer un système de contrôle qui abaissera la température de l'eau retirée du plancher lorsque la température extérieure s'élève augmentera l'efficacité du *SG*. Cette forme de contrôle est communément appelée un contrôle de réinitialisation extérieur.

Diversité des systèmes géothermiques

Aperçu

Par définition, les systèmes géothermiques utilisent le sol comme source d'énergie. Comme nous en avons fait la remarque précédemment, il existe deux moyens fondamentaux pour transférer l'énergie du sol à votre maison – un système à *circuit ouvert* ou un *système de puits à eau* ou un système à *circuit fermé*.

Dans un système à *circuit fermé*, une *boucle* est placée sous terre près de la maison ou étendue dans un lac ou dans un étang environnant. En pratique, toutes les *boucles* installées de nos jours sont formées de tuyaux de *polyéthylène haute densité (PEHD)*. Ces tuyaux sont fabriqués spécialement pour être enfouis sous terre et sont également utilisés comme petits pipelines de gaz naturel ou comme canalisations d'eau. Les raccords sont scellés en fusionnant ou en fondant le tuyau et les raccords, ce qui produit une connexion presque antifuites. Les raccords mécaniques ne sont pas utilisés dans le sol. Une *boucle* fait de *PEHD* peut durer 50 ans ou plus.

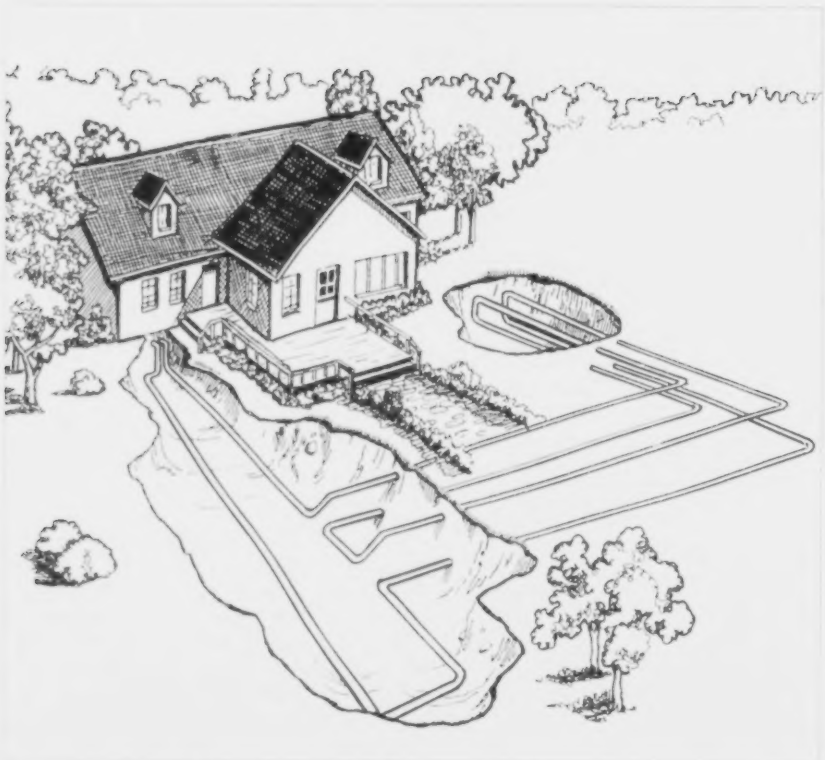
Un mélange d'*antigel* et d'eau circule constamment dans la *boucle* et dans la *thermopompe*, transférant la chaleur du sol ou vers lui selon qu'il est nécessaire de chauffer ou de climatiser. Dans un système en *circuit fermé*, le fluide n'entre jamais en contact avec le sol. Il est scellé à l'intérieur de la *boucle* et de la *thermopompe*.

Dans un système à *circuit ouvert*, l'*eau souterraine* est tirée d'un puits et transférée dans une *thermopompe*, puis versée dans un *puits de retour*. Une eau nouvelle est toujours pompée dans le système lorsqu'il fonctionne. Il est appelé système à *boucle ouverte* parce que l'*eau souterraine* est ouverte à l'environnement.

Circuit fermé

Un *circuit fermé* peut avoir plusieurs configurations, mais il en existe trois fondamentales : à la verticale, à l'horizontale et dans un lac (ou un étang). La catégorie de circuits et la configuration qui conviennent le mieux à votre maison, dépendront de la taille de votre terrain, de ce que vous prévoyez y faire, de son sol et même de l'équipement de terrassement de l'entrepreneur. Trop souvent, la configuration de la *boucle* est choisie selon les coûts. Si la *boucle* est conçue et installée correctement, en tenant compte des besoins de chauffage et de refroidissement de la maison, une catégorie de *boucle* fonctionnera avec autant d'efficacité qu'une autre et elle fournira une énergie gratuite et renouvelable pendant des années.

CSA International (CSA) et l'industrie ont élaboré des lignes directrices concernant l'installation d'un *SG*. En outre, la plupart des fabricants de *thermopompes* ont élaboré des instructions ou créé des logiciels privés pour expliquer leurs produits afin de s'assurer que les *SG* tirés de ces logiciels sont conçus et installés correctement. La plupart offre de la formation aux entrepreneurs qui installent leur équipement ainsi qu'un soutien technique à leurs vendeurs. Si vous songez à installer un *SG*, demandez à votre entrepreneur une preuve de la formation qu'il a reçue, de son expérience et de la compétence de son personnel en conception et en installation de *boucles*.



Les boucles souterraines horizontales peuvent chauffer et refroidir votre maison. Elles sont enfouies sous terre.

Boucle « ondulante » ou en spirale.

Boucles horizontales

Comme leur nom l'indique, ces *boucles* sont enterrées à l'horizontale, habituellement à une profondeur de 2 à 2,5 m, quoiqu'elle puisse varier de 1,5 à 3 m ou plus. Des fossés sont habituellement creusés par une *pelle rétrocaveuse;* une *excavatrice à chaînes* peut également être utilisée selon la composition du sol. On peut parfois étendre du remblai pour couvrir une *boucle* placée dans une dépression du terrain. Le fossé peut mesurer entre 1 et 3 m de large. Quatre, voire six tuyaux, peuvent être placés au fond d'un large fossé, alors que les configurations de certaines *boucles* ne permettent que deux rangées de tuyaux empilés à différents niveaux dans un fossé. Les configurations de la *boucle* peuvent même être de type « ondulante » ou en spirale, ce qui permet d'ajouter un tuyau supplémentaire dans le fossé. De nombreuses configurations différentes ont été mises à l'essai, puis approuvées. N'oubliez pas de demander des références à l'entrepreneur. Il peut souvent vous montrer des photographies de *boucles* qu'il a déjà installées.

L'endroit où il faut installer une *boucle horizontale* dépend des besoins de votre maison, de la profondeur à laquelle la *boucle* est enfouie, de la nature du sol et de la quantité d'humidité qu'il contient, du climat, de l'efficacité de la *thermopompe* et de la configuration de la *boucle*. Un espace de 300 à 700 m^2 sera nécessaire dans le cas d'une maison de 150 m^2. Votre entrepreneur utilisera un logiciel spécialisé ou suivra les lignes directrices de conception d'une *boucle* fournis par le fabricant de la *thermopompe* pour déterminer la taille et la configuration de la *boucle* de votre terrain.

Boucles verticales

Les *boucles verticales* sont fabriquées au moyen de tuyaux de *PEHD* enfouis dans des trous creusés dans le sol. En pratique, ces trous de forage mesurent entre 15 et 100 m de profondeur et leur circonférence mesure de 10 à 12 cm. Deux longueurs de tuyau sont réunies en un « profilé en U » (deux coudes de 90° insérés dans le *trou de forage*. La grosseur des tuyaux de la *boucle* varie selon le coût des *trous de forage* et leur profondeur; en certains endroits, on utilise fréquemment des tuyaux de 32 mm et dans d'autres, des tuyaux de 19 à 25 mm. Une fois les tuyaux placés dans les *trous de forage*, ils sont remplis de *coulis* d'argile. Certains entrepreneurs ajoutent du sable, de la pierre finement concassée ou du ciment au *coulis*. Cette mesure est prise afin d'assurer une bonne adhésion au sol et d'empêcher l'eau de surface de contaminer l'*eau souterraine*. Selon les normes de la CSA, les *trous de forage* qui reçoivent les tuyaux doivent être remplis à l'aide d'une trémie, ou un tuyau placé au fond du *trou de forage* et retiré au fur et à mesure que le trou se remplit de *coulis*. Ce procédé a pour objet d'éliminer les poches d'air autour des tuyaux et d'assurer une bonne adhésion au sol.

Le fait qu'une *boucle verticale* puisse être installée dans un endroit beaucoup plus petit que la *boucle horizontale* est son principal avantage. Quatre *trous de forage* dans un espace de 9 m^2 – installation convenant bien à une cour arrière moyenne dans une ville – peuvent fournir l'énergie renouvelable nécessaire pour chauffer une maison moyenne de 150 m^2.

Les boucles souterraines verticales sont semblables aux boucles horizontales, mais elles sont installées verticalement et nécessitent une moins grande surface de terrain.

Les frais d'installation d'une *boucle verticale* peuvent varier énormément, les conditions du sol étant le seul grand facteur. Le forage dans le granit nécessite un équipement plus lourd, donc plus coûteux, et exige beaucoup plus de temps que le forage dans une argile molle. Il faut même y consacrer plus de temps lorsque le sol est composé de matériaux divers, tels que des strates de galets, de gravier et de sable. L'installation d'une *boucle verticale* dans cette catégorie de sol est trois ou quatre fois plus coûteuse que celle d'une *boucle horizontale*. Toutefois, dans certaines régions du sud du Manitoba et de la Saskatchewan, où le lac glaciaire Agassiz a laissé entre 15 et 50 m de dépôts d'argile molle, il faut consacrer à peu près le même temps pour installer une *boucle verticale* ou une *boucle horizontale*.

La profondeur nécessaire d'un *trou de forage* pour y placer une *boucle verticale* dépend des mêmes facteurs qui déterminent l'espace de terrain requis pour installer une *boucle horizontale*. Cet espace nécessaire à une *boucle verticale* découle cependant de la profondeur à laquelle il faut creuser pour assurer la rentabilité des *trous de forage*. Par exemple, si un SG exige un forage global de 180 m et qu'il doit être réalisé en un endroit où l'on trouve un fond rocheux à 20 m, il sera habituellement moins coûteux de creuser neuf *trous de forage* de 20 m de profondeur plutôt que trois de 60 m. Neuf *trous de forage* nécessiteront un espace d'environ 150 m^2 et trois, environ 60 m^2.

Boucle de lac ou boucle d'étang

Ces deux *boucles* peuvent être installées de façon très rentable dans une propriété près d'un lac ou d'un étang. De nombreuses maisons du nord de l'Ontario ont été construites à proximité d'un lac qui absorbe l'énergie du soleil l'été durant. La température de l'eau au fond d'un lac couvert de glace se maintient à environ 4 ou 5 °C, même par temps très froid. En été, l'eau du lac peut facilement absorber la chaleur que vous essayez d'expulser pour rafraîchir votre maison. Tout ce dont vous avez besoin se résume à un plan d'eau d'une profondeur de 2 à 2,5 m à longueur d'année, ce qui permet de protéger la *boucle* des vagues et des amoncellements de glace.

Toutefois, à moins que vous soyez le propriétaire du lac, vous devez obtenir une autorisation du gouvernement provincial et, dans certains cas, du gouvernement du Canada, pour installer une *boucle de lac*, et certaines autorités peuvent la refuser. La destruction des zones de frai, l'érosion du littoral, l'obstruction de la circulation en eaux navigables et les dommages éventuels à l'environnement inquiètent plusieurs ministères. En certains endroits, le nombre de *boucles de lac* est tel qu'il suffit de remplir un formulaire pour obtenir une autorisation. Certains entrepreneurs en *SG* qui se spécialisent dans l'installation de *boucles de lac* peuvent remplir tous les formulaires pour leurs clients.

Dans les Prairies, des étangs de ferme sont souvent creusés afin d'obtenir de l'eau pour irriguer ou pour abreuver le bétail. Un étang de 750 à 1 000 m^2 ayant une profondeur de 2,5 m peut accomplir cette double tâche à titre de source pure d'énergie. Les océans peuvent fournir de vastes quantités d'énergie, mais il faut bien protéger une *boucle d'océan* des dommages causés par la marée et par les vagues. De nombreuses habitations de la côte Ouest tirent déjà avantage de l'énergie gratuite et renouvelable de l'océan.

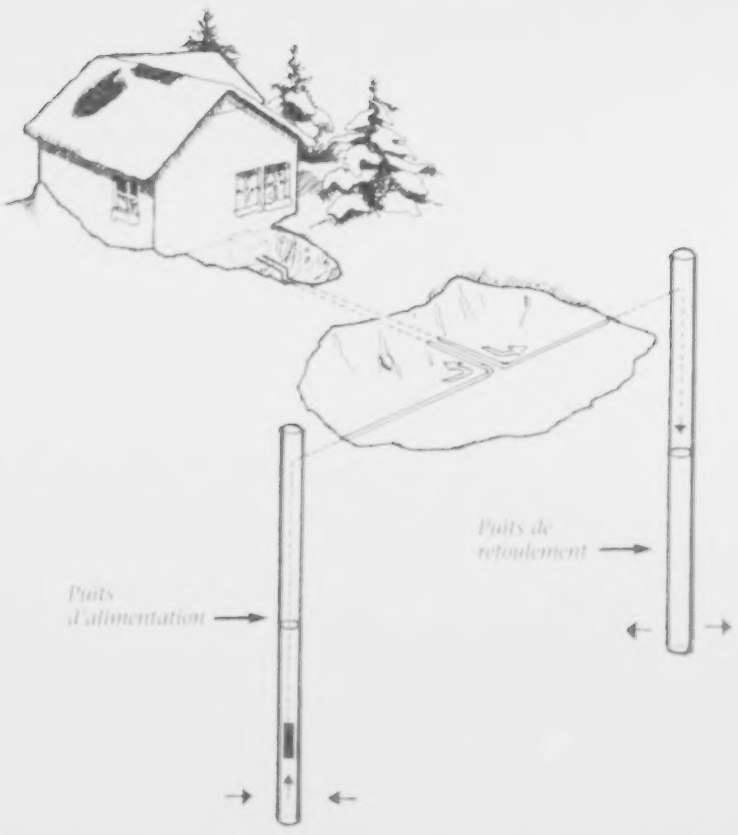
Circuit ouvert

Le *circuit ouvert*, ou *SG* d'*eau souterraine*, puise sa chaleur d'un puits d'eau transférée directement dans une *thermopompe* au moyen d'un *échangeur thermique*.

L'alimentation nécessaire d'un puits d'eau est déterminée par la capacité de la *thermopompe*. Durant les froids les plus rigoureux de l'hiver, chauffer une maison ordinaire nouvellement construite nécessite entre 20 000 et 30 000 L par jour ou de 0,4 à 0,5 L par seconde (une piscine moyenne dans une cour arrière contient de 60 000 à 70 000 L d'eau). Une maison plus vaste aura besoin, en proportion, d'une plus grande quantité d'eau et il vous faudra un puits fiable pour obtenir ce volume d'eau. En pratique, vous aurez également besoin d'un second *puits de retour* pour dégager l'eau en la refoulant dans le sol. La plupart des provinces ont légiféré concernant l'utilisation de puits et peuvent également vous conseiller sur l'utilisation de l'*eau de puits* pour un *SG*. C'est ainsi que vous devez faire en sorte de ne pas nuire aux puits de vos voisins lorsque vous pompez l'eau sans arrêt. Les règlements concernant l'utilisation de l'eau des puits comme source de chaleur pour un *SG* varient d'une province à l'autre. Vous devrez consulter le ministère compétent sur les ressources en *eau souterraine* pour connaître les règlements de votre province.

Afin de vous assurer que le puits fournit de l'eau de façon durable et que le *puits de retour* peut recevoir l'eau après son passage dans la *thermopompe*, il vous faut effectuer un *essai de pompage* dans vos puits. Dans certains endroits, la capacité d'*aquifère* est bien connue et vous pouvez découvrir la capacité de votre nouveau puits en quelques heures. Ailleurs, il sera nécessaire de faire un test en mesurant la chute du niveau de l'eau à intervalles réguliers pendant que l'eau du puits est retirée à débit fixe pendant une période pouvant atteindre 24 heures.

Les boucles de lac ou d'étang peuvent être utilisées aussi bien pour réchauffer que pour rafraîchir.



Les systèmes d'eau souterraine, ou circuits ouverts, peuvent chauffer ou rafraîchir votre maison, selon vos besoins.

Comme l'eau du puits circule à travers une *thermopompe*, l'eau corrosive peut, à la longue, endommager l'*échangeur thermique*. De plus, une eau à haute teneur en minéraux peut causer une accumulation graduelle. La plupart des fabricants peuvent fournir des *thermopompes* faites de matériaux résistants comme le *cupronickel* ou l'acier inoxydable qui conviennent mieux à l'utilisation d'un système à circuit ouvert. Les fabricants préciseront la qualité de l'eau qui convient à leur équipement. Encore une fois, il vous faudra peut-être procéder à une analyse de l'eau pour vous assurer qu'elle respecte les lignes directrices. Le ministère qui réglemente les ressources en eau dans votre province peut vous indiquer les endroits où l'on analyse l'eau.

Un équipement mécanique dure plus longtemps s'il n'a pas à être mis en marche ou à s'arrêter de façon répétitive et, en ce domaine, les pompes de puits ne font pas exception. Il faut avertir l'entrepreneur qui installe une pompe de puits et un système de pression que cet équipement servira à fournir de l'eau à un SG. Pour obtenir un fonctionnement efficace, la conception et la puissance nominale en HP de la pompe doivent être choisis en vue de fournir la bonne quantité d'eau. Une plus grosse pompe n'est pas nécessairement la meilleure. Il faut tenir compte des besoins en eau du système, de la profondeur où il faut la puiser et de la longueur de la tuyauterie entre le puits, la maison et le *puits de retour*. Pour éviter que la pompe de puits fonctionne en courts cycles, il se peut que vous ayez à installer un plus grand réservoir sous pression. Ces détails peuvent modifier de 25 à 30 p. 100 l'efficacité globale de votre SG.

La température de l'*eau souterraine* est très constante et se maintient entre 5 et 12 °C au Canada. La température du fluide qui passe dans un *circuit fermé* utilisé dans une maison descend légèrement sous le point de congélation durant l'hiver. Si l'*eau de puits* est utilisée comme source d'énergie durant l'hiver, la *thermopompe* produira plus de chaleur; elle sera donc plus efficace. Toutefois, puisque l'eau doit être tirée du sol, quelquefois à une profondeur

On utilise un appareil de forage pour creuser les trous de forage verticaux.

atteignant 15 à 30 m, vous devrez utiliser une pompe plus puissante que celle d'un système à *circuit fermé*. De plus, la même pompe fournit souvent de l'eau à la *thermopompe* et à la consommation générale de la maison. Les frais de fonctionnement d'une pompe de puits plus puissante compense souvent l'efficacité du fonctionnement du *SG* avec de l'*eau de puits*. Demandez à des entrepreneurs en *SG* de votre région de vous faire part de leur expérience des systèmes à *circuit ouvert* avant de retenir une option pour votre maison.

Lorsque vous planifiez des travaux d'excavation, vous devez vous assurer que le levé du terrain a été réalisé et que l'endroit où sont placés les autres services, comme les fils électriques, les canalisations de gaz et d'eau, les égouts, le champ d'épuration ou les réservoirs de stockage, est bien déterminé. De plus, avant de décider de l'endroit où installer une *boucle* sur votre terrain, rappelez-vous que l'équipement lourd ne peut travailler sous les fils électriques. Que vous installiez une *boucle souterraine* ou des puits d'eau et des conduits pour votre *SG*, il faut les ajouter à votre plan de situation, vous évitant ainsi des réparations coûteuses dans les années à venir. Selon les normes de la *CSA*, les propriétaires doivent recevoir une copie des plans précisant l'endroit où se trouve le système à *circuit fermé* et faire enfouir un *fil de traçage* ou un *ruban de traçage* dans le sol au-dessus des tuyaux formant un *circuit fermé* afin de les retrouver plus facilement une fois enterrés. De plus, l'entrepreneur doit conserver une copie de la disposition du *circuit fermé* durant sept ans. La *Société canadienne de l'énergie du sol* prévoit mettre sur pied une base de données comprenant des copies de plans des *boucles souterraines* au nom des propriétaires et des entrepreneurs qui sont membres de la société.

Avantages à retirer des systèmes géothermiques

Propice à l'environnement

Plus des deux tiers de l'énergie fournie à votre maison par un *SG* provient de l'énergie solaire renouvelable conservée dans le sol. Votre porte-monnaie s'en porte mieux, puisque cette énergie est gratuite, et également l'environnement, puisqu'il n'émet aucune émission toxique. Lorsque vous dépensez 1 kW d'électricité pour faire fonctionner un *SG*, ce dernier retire du sol plus de 3 kW d'énergie renouvelable et gratuite.

Une grande partie des frais de l'énergie fournie à votre maison sont consacrés au transport de cette énergie. L'installation de lignes de transport d'électricité et de canalisations de gaz et de pétrole est très coûteuse et exige d'importants droits de passage. Des pétroliers traversent la moitié de la planète pour transporter du pétrole afin que vous puissiez chauffer votre maison et les camions qui l'acheminent ont besoin de carburant et d'entretien. Livrer de l'énergie à votre maison entraîne des coûts réels qui comprennent, outre des dépenses directes comme la construction de pipelines et l'entretien des lignes ou les canalisations de transport, des coûts indirects comme le traitement des urgences. L'*infrastructure* nécessaire au transport de l'énergie est importante et coûteuse – tant pour vous que pour l'environnement. Une grande partie de l'énergie utilisée par un *SG* provient de moins de 200 m de votre maison. Le coût du transfert de l'énergie du sol à votre maison est le même que celui du fonctionnement d'une *pompe de circulation*.

Lorsque vous installez un *système de conditionnement d'air classique* à votre maison, les conduits de *frigorigène* passent du *groupe compresseur-condenseur* extérieur au *serpentin* de l'*appareil de chauffage*. Par contre, les *SG* sont assemblés et mis à l'essai dans des conditions contrôlées; le risque de fuite de *frigorigène* est donc très faible. En outre, toute fuite provenant d'un *SG* serait plus petite puisque ce dernier ne contient que la moitié de la quantité de *frigorigène* d'un système de conditionnement de l'air classique. On produit maintenant des unités qui utilisent un *frigorigène sans CFC*, réduisant de ce fait encore davantage les dommages éventuels à l'atmosphère.

Confort à longueur d'année

Les personnes qui vivent dans une maison ayant un *SG* répètent souvent que « cette maison est la plus confortable qu'ils aient jamais eue ». Il y a plusieurs raisons de faire une telle affirmation. La température de l'air produite par un *SG* se maintient habituellement à 35 °C. Par contre, l'air chauffé par un *appareil de chauffage* alimenté par des *combustibles fossiles* ou par l'électricité atteint

souvent de 50 à 60 °C, une température de beaucoup supérieure à celle d'une pièce, d'où la présence de points chauds dans la pièce. Si vous y déambulez, vous sentirez souvent une différence de température pouvant atteindre 3 ou 4 °C.

Vous avez peut-être demeuré dans une maison où il vous fallait souvent régler le *thermostat* juste avant que l'*appareil de chauffage* se mette en marche et, quelques minutes plus tard, vous deviez enlever votre chandail parce que votre *système de chauffage classique* était *surdimensionné*. Même durant les temps les plus froids, un *appareil de chauffage surdimensionné* ne peut fonctionner plus de 15 minutes par heure parce qu'il peut produire toute la chaleur dont vous avez besoin en fonctionnant le quart du temps. La chaleur commandée par un *thermostat* est rapidement atteinte lorsque l'*appareil de chauffage* est en marche et peut même dépasser la température désirée de un ou de deux degrés. Ensuite, la température baisse de quelques degrés avant que l'*appareil de chauffage* ne se mette de nouveau en marche. Une telle chose se produit parce que le coût de l'installation d'un *appareil de chauffage* plus puissant étant presque « nul », on se laisse influencer par le mythe voulant que « plus c'est gros, mieux c'est ». En réduisant les pertes de température dans une maison (en améliorant l'isolation ou les fenêtres), le problème dû à un excès de chaleur ne fera que s'aggraver.

Cependant, les frais d'installation d'un *SG* plus puissant étant élevés, le *surdimensionnement* d'un système devient donc excessif. Comme ce système fonctionne presque continuellement, il conserve une température uniforme dans toute la maison. Plusieurs fabricants ont mis sur le marché des unités à deux vitesses munies de ventilateurs à vitesse variable. Ces dispositifs adaptent les charges de chauffage et de refroidissement de votre maison pratiquement toute l'année. Au printemps et à l'automne, lorsque le fonctionnement du système à pleine capacité est inutile, le *compresseur* et le ventilateur marchent à vitesse réduite, ne procurant que le degré de chaleur ou de climatisation nécessaire. Lorsque les jours deviennent plus froids en hiver, ou très chauds durant l'été, le système fonctionne à grande vitesse.

La plupart des *SG* sont installés avec des *thermostats* qui passent automatiquement du chauffage au conditionnement de l'air. Vous découvrirez que durant les jours de printemps et d'automne, lorsque vous aurez besoin de chaleur le matin et de refroidissement en après-midi, vous aurez un plus grand confort.

Frais de fonctionnement

Comme nous l'avons écrit précédemment, plus des deux tiers de l'énergie fournie par un *SG* est une énergie renouvelable tirée du sol. L'autre tiers provient de l'électricité qu'il vous faut payer pour faire fonctionner le système alors que les deux premiers tiers sont gratuits.

Combien coûte le chauffage de votre maison fourni par un *SG* comparativement à celui assuré par d'autres sortes de combustibles? Tout dépend du coût du combustible et du degré d'efficacité de votre *appareil de chauffage*. Comme les *appareils de chauffage à combustibles fossiles* laissent échapper les *produits de combustion* (CO, CO_2, SO_2, NO_x, etc.) par la cheminée, de la chaleur s'échappe également de la maison. Le vieux *système de chauffage* muni d'une veilleuse brûle continuellement, même si la maison n'a pas besoin d'être chauffée. Si vous utilisez encore ce genre d'*appareil de chauffage* au gaz ou au mazout, il est possible que 35 à 40 p. 100 du combustible que vous achetez s'échappe en fumée par la cheminée. Si votre *appareil de chauffage* est très *surdimensionné*, la perte d'énergie pourrait être encore plus grande, car au moment où il en est à son fonctionnement normal, il a déjà atteint la température commandée par le *thermostat*, et il s'éteint alors de lui-même.

Les *appareils de chauffage* et les plinthes chauffantes électriques n'ont pas besoin de cheminée. Toute l'énergie qu'ils produisent reste dans la maison, même si le moteur électrique qui distribue l'air dans la maison n'est pas très efficace. Un système d'*appareil de chauffage* ou de plinthes chauffantes peut donc être efficace à 100 p. 100.

Un *SG* n'émet aucun *produit de combustion*. Tout comme dans le cas d'un *appareil de chauffage* électrique, toute l'énergie utilisée pour faire fonctionner le *compresseur*, la pompe et le ventilateur demeure dans la maison. Mais puisque le système tire gratuitement de l'énergie supplémentaire du sol, il peut en fait produire plus d'énergie qu'il en exige pour fonctionner. On peut donc déclarer que le degré d'efficacité d'un *SG* est supérieur à 100 p. 100.

L'efficacité d'un *système de chauffage* est mesurée selon le *coefficient de performance (COP)*. Pour obtenir

un *COP*, il faut calculer l'énergie produite par le *SG* et la diviser par la quantité qu'il consomme (et que vous avez payée). Ainsi, si vous utilisez du gaz naturel qui, s'il brûle en entier, produit 100 unités de chaleur, mais qui en perd 7 dans la cheminée, vous obtenez le *COP* suivant :

$$(100 - 7) \div 100 = 0{,}93$$

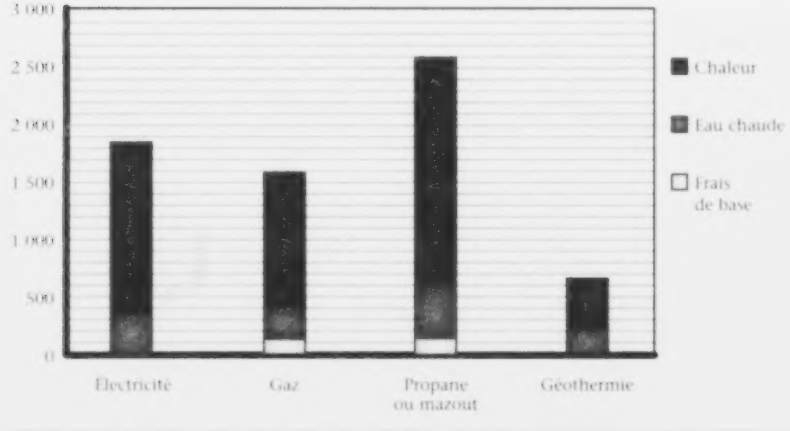
Le *SG* prévu pour des systèmes à *circuit ouvert* a un taux de *COP* de chaleur d'environ 3,0 à 4,0. Dans le cas des applications de chauffage à *circuit fermé*, le taux de *COP* atteint entre 2,5 et 4,0. Voir la description à la page 16, « Choix d'une thermopompe », pour obtenir plus d'information sur le *COP*.

Les feuilles de calculs présentées aux pages suivantes vous aideront à faire une estimation des coûts de l'énergie utilisée pour chauffer votre maison et votre eau aux fins de consommation sanitaire. Ces tableaux vous permettront de calculer les coûts d'énergie en tenant compte :

- des dimensions de votre maison;
- du nombre de personnes qui utilisent de l'eau chaude;
- des combustibles disponibles dans votre région;
- de leurs coûts;
- de l'efficacité de l'équipement de chauffage qui vous intéresse.

Le premier tableau s'applique à une maison de 165 m^2. On y compare le coût de l'énergie si vous utilisez :

- l'électricité à 0,06 $/kWh;
- le gaz naturel à 0,42 $/$m^3$;
- le gaz propane à 0,53 $/L;
- un *SG* qui utilise l'électricité à 0,06 $/kWh;
- un *appareil de chauffage* électrique classique;
- un *appareil de chauffage* au gaz à rendement modéré;
- un *appareil de chauffage* au gaz propane à haut rendement;
- un *SG* ayant un COP de 3,2, le *COP* minimum permis au Canada pour un système à *circuit ouvert*.



Ce tableau illustre le coût d'énergie d'une maison décrite dans les tableaux suivants. Lorsqu'on compare les systèmes de chauffage à l'électricité et à l'eau chaude, le SG réduit les coûts annuels de 1 140 $, le gaz naturel de 920 $ et le gaz propane de 1 930 $.

N'hésitez pas à faire des copies de ce tableau afin de comparer l'efficacité du *SG* à d'autres combustibles.

Feuille de calcul – exemple

Feuille de calcul pour évaluer les coûts de chauffage annuels de votre maison selon divers combustibles – Exemple

Utilisation estimative d'énergie en kWh pour le chauffage

Inscrivez la surface chauffée de votre maison (en mètres carrés) dans la colonne A de la rangée 1, 2 ou 3 (celle qui décrit le mieux votre maison).
Multipliez le chiffre de la colonne A par le nombre de kWh inscrit dans la colonne B afin de calculer les kWh utilisés pour chauffer votre maison.

	A		B*		C	
Maison ancienne, inefficace, etc. (non isolée)		×	290	1		kWh
Maison moyenne	165	×	150	2	24 750	kWh
Maison à haut rendement		×	100	3		kWh

Utilisation estimative d'énergie en kWh pour de l'eau chaude

Dans la colonne A, inscrivez le nombre de personnes qui vivent dans la maison en plus de vous. Multipliez par le nombre inscrit à la colonne B.

	A		B		C	
Première personne à la maison (vous)	1	×	1 000	4	1 000	kWh
Nombre de personnes supplémentaires	5	×	1 250	5	4 750	kWh
Additionnez les **lignes 4 et 5** pour déterminer le nombre de kWh nécessaires pour chauffer l'eau d'une maison semblable à la vôtre				6	5 650	kWh

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant l'électricité

Demandez aux services publics d'électricité le prix par kWh. Inscrivez-le dans la colonne C, ligne 7.

			C		
Inscrivez le coût de l'électricité par kWh à la **ligne 7**	7		0,0861		
Multipliez la **ligne 1, 2** ou **3** par la **ligne 7** et déterminez les coûts de chauffage de votre maison en utilisant **l'électricité**	8	1 485 $	→	8	1 485 $
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 7** pour déterminer les coûts de l'eau chaude de votre maison en utilisant **l'électricité**	9	339 $	→	9	339 $

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant le gaz naturel

Déterminez en quelles unités votre service public vend le gaz naturel et inscrivez-le dans la boîte de service de base. Inscrivez le nombre inscrit dans la bonne case de la colonne C.

	A	B		C		
Coût du gaz naturel au mètre cube	0,42	× 30,25	10	0,0043		
Coût du gaz naturel par gigajoule (en $)		427,79	11			
Inscrivez le COP de l'UN des appareils de chauffage au gaz qui appartiennent aux colonnes B et C.		B		C		
Ancien appareil de chauffage au gaz moins d'un tiers de lumières		0,65	→ 12			
Appareil de chauffage au gaz plus récent, moins d'un tiers de lumières (avant 1992)		0,76	→ 13			
Appareil de chauffage au gaz à haute efficacité		0,81	→ 14	0,81		
Appareil de chauffage au gaz très efficace		0,93	15			
Divisez la **ligne 10** par la **ligne 11** par la **ligne 12, 13, 14** ou **15** afin de calculer le coût au kWh			16	0,0049		
Ajoutez les frais de service de base**			17	120 $	→ 17	120 $
Multipliez la **ligne 1, 2** ou **3** par la **ligne 16** pour déterminer le coût total du chauffage de votre maison au **gaz naturel**			18	1 213 $	→ 18	1 213 $
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 16** pour déterminer le coût de l'eau chaude de votre maison en utilisant le **gaz naturel**			19	276 $	→ 19	276 $

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant le gaz propane ou le mazout

Demandez au fournisseur le coût du propane ou mazout au litre et c'est auprès des frais de livraison ou de location du réservoir. Inscrivez le montant dans la colonne A.

	A	B		C		
Gaz propane (coût par litre)	0,53	× 0,97	20	0,0076		
Mazout (coût par litre)		10,69	21			
Inscrivez le COP de l'UN des appareils de chauffage au gaz qui appartiennent aux colonnes B et C.		B		C		
Ancien appareil de chauffage au propane ou au mazout moins d'un tiers de lumières		0,65	→ 22			
Appareil de chauffage au propane ou au mazout plus récent, moins d'un tiers de lumières (avant 1992)		0,76	→ 23			
Appareil de chauffage au propane ou au mazout de moyenne efficacité		0,81	→ 24			
Appareil de chauffage au propane ou au mazout très efficace		0,93	→ 25	0,93		
Divisez la **ligne 20** par la **ligne 21** par la **ligne 22, 23, 24** ou **25** afin de calculer le coût au kWh			26	0,0082		
Ajoutez les frais de livraison du carburant**			27	120 $	→ 27	120 $
Multipliez la **ligne 1, 2** ou **3** par la **ligne 26** pour déterminer le coût total du chauffage de votre maison au **propane** ou au **mazout**			28	2 030 $	→ 28	2 030 $
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 26** pour déterminer le coût total de l'eau chaude de votre maison en utilisant le **propane** ou le **mazout**			29	463 $	→ 29	463 $

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant un système géothermique

Déterminez le COP du SG que vous songez acheter en vous adressant à un fabricant ou à un entrepreneur. Inscrivez le nombre dans la colonne C.

		C		
Inscrivez le COP du système géothermique à la **ligne 30**	30	3,20		
Divisez le coût de l'électricité de la **ligne 7** par le COP du SG à la **ligne 30**	31	0,0319		
Multipliez le coût de l'électricité à la **ligne 31** par 2	32	0,0638		
Multipliez la **ligne 1, 2** ou **3** par la **ligne 31** pour calculer les coûts de chauffage de votre maison avec un **système géothermique**	33	470 $	→ 33	470 $
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 32** pour trouver le coût de l'eau chaude pour votre maison avec le **système géothermique**	34	215 $	→ 34	215 $

* Consommation moyenne des résidences au Canada

** Les « frais de service de base » ou les « frais de livraison » sont imposés mensuellement par la plupart des services que le combustible soit consommé ou non. Puisque la plupart des maisons utilisent les services de l'électricité pour l'éclairage et pour d'autres utilisations pour lesquels des frais de base seront imposés, ces frais ne devront pas être ajoutés au coût de l'énergie des maisons chauffées à l'électricité ou au moyen d'un système géothermique.

Feuille de calcul

Feuille de calcul pour évaluer les coûts de chauffage annuels de votre maison selon divers combustibles

Utilisation estimative d'énergie en kWh pour le chauffage

Inscrivez la surface chauffée de votre maison (en mètres carrés) dans la colonne A de la rangée 1, 2 ou 3 qui décrit le mieux votre maison.
Multipliez la case de la colonne A par le nombre de kWh inscrit dans la colonne B afin de calculer les kWh utilisés pour chauffer votre maison.

	A		B*		C	
Maison ancienne – isolation, etc. non améliorée		×	200	= **1**		kWh
Maison moyenne		×	150	= **2**		kWh
Maison R-2000 certifiée		×	110	= **3**		kWh

Utilisation estimative d'énergie en kWh pour de l'eau chaude

Dans la colonne A, inscrivez le nombre de personnes qui vivent dans la maison ou plus de vous. Multipliez par le nombre inscrit à la colonne B.

	A		B		C	
Première personne à la maison	1re personne	×	1 900	= **4**		kWh
Nombre de personnes supplémentaires		×	1 250	= **5**		kWh
Additionnez les **lignes 1** à **5** pour déterminer le nombre de kWh nécessaire pour chauffer une maison semblable à la vôtre				= **6**		kWh

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant l'électricité

Demandez aux services publics d'électricité le prix par kWh. Inscrivez-le dans la colonne C, ligne 7.

		C	
Inscrivez le coût de l'électricité par kWh à la **ligne 7**	**7**		
Multipliez la **ligne 1**, **2** ou **3** par la **ligne 7** et déterminez les coûts de chauffage de votre maison en utilisant **l'électricité**	**8**	→	**8**
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 7** pour déterminer les coûts de l'eau chaude de votre maison en utilisant **l'électricité**	**9**	→	**9**

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant le gaz naturel

Déterminez en quelles unités votre service public vend le gaz naturel et informez-vous des frais de service de base. Inscrivez le nombre obtenu dans la bonne case de la colonne A.

	A		B		C	
Coût du gaz naturel (au mètre cube)		×	10,35	= **10**		
Coût du gaz naturel (par gigajoule ou GJ)		×	277,79	= **11**		
Inscrivez le COP de l'UN des appareils de chauffage au gaz qui apparaissent aux colonnes B et C			**B**		**C**	
Ancien appareil de chauffage au gaz muni d'un témoin lumineux			0,65	→ **12**		
Appareil de chauffage au gaz plus récent muni d'un témoin lumineux (avant 1995)			0,76	→ **13**		
Appareil de chauffage au gaz à efficacité moyenne			0,83	→ **14**		
Appareil de chauffage au gaz très efficace			0,94	**15**		
Divisez la **ligne 10** ou la **ligne 11** par la **ligne 12**, **13**, **14** ou **15** afin de calculer le coût au kWh				**16**		
Ajoutez les frais de service de base**				**17**	→	**17**
Multipliez la **ligne 1**, **2** ou **3** par la **ligne 16** pour déterminer le coût total du chauffage de votre maison au **gaz naturel**				**18**	→	**18**
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 16** pour déterminer le coût de l'eau chaude de votre maison en utilisant le **gaz naturel**				**19**	→	**19**

Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant le gaz propane ou le mazout

Demandez au fournisseur le coût du propane ou mazout au litre et s'il impose des frais de livraison ou de location du réservoir. Inscrivez le nombre dans la colonne A.

	A		B		C	
Gaz propane (coût par litre)		×	6,97	= **20**		
Mazout (coût par litre)		×	10,69	= **21**		
Inscrivez le COP de l'UN des appareils de chauffage au gaz qui apparaissent aux colonnes B et C			**B**		**C**	
Ancien appareil de chauffage au propane ou au mazout muni d'un témoin lumineux			0,65	→ **22**		
Appareil de chauffage au propane ou au mazout plus récent muni d'un témoin lumineux (avant 1995)			0,76	→ **23**		
Appareil de chauffage au propane ou au mazout de moyenne efficacité			0,83	→ **24**		
Appareil de chauffage au propane ou au mazout très efficace			0,93	→ **25**		
Divisez la **ligne 20** ou la **ligne 21** par la **ligne 22**, **23**, **24** ou **25** afin de calculer le coût au kWh				**26**		
Ajoutez les frais de livraison du carburant**				**27**	→	**27**
Multipliez la **ligne 1**, **2** ou **3** par la **ligne 26** pour déterminer le coût total du chauffage de votre maison au **propane** ou au **mazout**				**28**	→	**28**
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 26** pour déterminer le coût total de l'eau chaude de votre maison en utilisant le **propane** ou le **mazout**				**29**	→	**29**

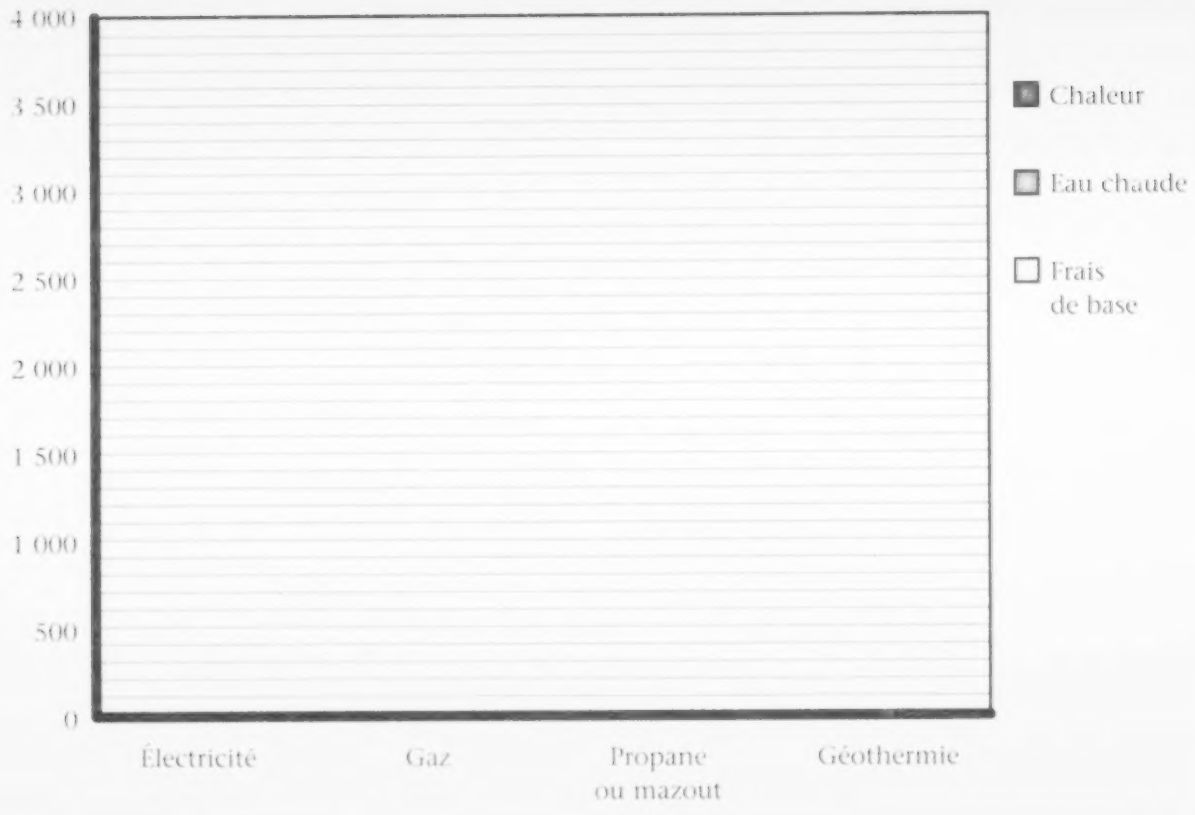
Coûts de chauffage et de l'eau chaude en utilisant un système géothermique

Déterminez le COP du SG que vous songez acheter en vous adressant à un fabricant ou à un entrepreneur. Inscrivez le nombre dans la colonne C.

		C	
Inscrivez le COP du système géothermique à la **ligne 30**	**30**		
Divisez le coût de l'électricité de la **ligne 7** par le COP du SG à la **ligne 30**	**31**		
Multipliez le coût de l'électricité à la **ligne 31** par 2	**32**		
Multipliez la **ligne 1**, **2** ou **3** par la **ligne 31** pour calculer les coûts de chauffage de votre maison avec un **système géothermique**	**33**	→	**33**
Multipliez la **ligne 6** par la **ligne 32** pour trouver le coût de l'eau chaude pour votre maison avec le **système géothermique**	**34**	→	**34**

* *Consommation moyenne des résidences au Canada*

** *Les « frais de service de base » ou les « frais de livraison » sont imposés automatiquement par la plupart des services, que le combustible soit consommé ou non. Puisque la plupart des maisons utilisent les services de l'électricité pour l'éclairage et d'autres utilisations, services pour lesquels des frais de base seront imposés, ces frais ne doivent pas être ajoutés au coût de l'énergie des maisons chauffées à l'électricité ou au moyen d'un système géothermique.*



Ce graphique peut être utilisé pour comparer le coût annuel du chauffage et celui de l'eau chaude de votre maison une fois que vous aurez rempli la feuille de calcul.

Les coûts de refroidissement d'une maison peuvent varier énormément selon l'orientation des fenêtres, le style de vie des résidants et autres facteurs. Les coûts de refroidissement sont donc difficiles à calculer avec précision. De façon générale, cependant, un SG est environ deux fois plus efficace qu'un système classique de climatisation refroidi à l'air; les coûts d'énergie seront donc réduits en conséquence.

Faible entretien et durée utile prolongée

La *thermopompe* d'un SG fonctionne comme un réfrigérateur. La *thermopompe* achemine la chaleur extraite du sol vers la maison tout comme le réfrigérateur dans votre cuisine retire la chaleur des aliments qu'il conserve au moyen d'un *serpentin* derrière le réfrigérateur. La seule différence importante, autre que la capacité, est l'ajout d'un *robinet inverseur* qui permet au SG de refroidir votre maison et de transférer la chaleur récupérée au sol. Le *compresseur* d'une *thermopompe* est semblable, mais beaucoup plus puissant que celui d'un réfrigérateur. Le *moteur souffleur* et la pompe qui fait circuler le fluide dans les tuyaux enfouis dans le sol est le seul autre élément mobile.

Si un système (c.-à-d. la *boucle souterraine* et le *système de distribution*) est conçu pour s'adapter aux besoins de votre maison, il fonctionnera sans nécessiter beaucoup d'entretien, tout comme un réfrigérateur. Le seul entretien régulier sera de veiller à ce que le filtre à air soit propre (si vous avez un *système de chauffage à air pulsé*).

Les inspections relatives à la propreté des conduits et du ventilateur et la vérification des contacts électriques pour s'assurer qu'ils ne sont pas usés devraient

faire partie de l'entente de service annuelle. Si vous installez un système à *circuit ouvert* ou un *système de puits à eau*, l'*échangeur thermique* de la *thermopompe* peut nécessiter un nettoyage régulier par un entrepreneur qualifié.

Plusieurs études ont démontré qu'un *SG* durait plus longtemps qu'un *appareil de chauffage* aux *combustibles fossiles* et qu'un *système de climatisation classique* puisque le *SG* n'est exposé ni à la pluie, ni à la neige, ni aux changements climatiques extrêmes. La *boucle souterraine*, si elle est installée selon les normes de la CSA, peut fonctionner normalement pendant 50 ans ou plus.

Chauffage de l'eau chaude sanitaire

Le chauffage de l'eau est le principal utilisateur d'énergie après le chauffage et la climatisation, dans la plupart des maisons. La capacité de chauffage de l'eau peut être ajoutée à votre *thermopompe*; il suffit d'y raccorder un *échangeur thermique* au circuit *frigorigène* à l'intérieur de la *thermopompe*. La plupart des fabricants de ces pompes offrent des unités munies d'un *désurchauffeur*. Chaque fois que le *compresseur* de la *thermopompe* fonctionne pour chauffer ou refroidir votre maison, l'eau provenant d'un chauffe-eau électrique classique circule à travers le *désurchauffeur* et est chauffée par un *frigorigène* chaud. Lorsque la *thermopompe* ne fonctionne pas, le chauffe-eau électrique placé dans le réservoir chauffe l'eau. Selon la quantité d'eau chaude utilisée, un *désurchauffeur* peut fournir de 30 à 60 p. 100 de l'eau chaude consommée dans une maison ordinaire.

Certains fabricants ont exploité un peu plus ce concept en offrant une *thermopompe* qui peut produire sur commande toute l'eau chaude nécessaire. Ces *thermopompes* passent automatiquement du chauffage et du refroidissement de l'air (au moyen d'un *système à air pulsé*) au chauffage de l'eau, laquelle peut être utilisée à des fins sanitaires ou pour alimenter un *système de chauffage à l'eau chaude*. Le coût initial d'un tel appareil est plus élevé, mais si la demande d'eau chaude est forte, les frais supplémentaires peuvent être recouvrés rapidement. C'est un appareil recommandé pour :

- les maisons où la famille est nombreuse et la demande d'eau chaude élevée;
- les maisons munies d'un *système de distribution* d'eau chaude dans une partie de la maison et d'un *système à air pulsé* dans les autres (p. ex., chauffage par rayonnement au plancher dans le garage et système à air pulsé au rez-de-chaussée);
- le chauffage d'une piscine extérieure durant les mois d'été.

Discret et silencieux

Les *SG* utilisent le sol ou l'*eau souterraine* pour diffuser la chaleur dans votre maison et pour ensuite la refroidir. Les conditionneurs d'air (à refroidissement par air) ou les *thermopompes* à air classiques acheminent la chaleur à l'extérieur de la maison. Un *SG* remplace les groupes *compresseurs-condenseurs* d'un *système classique* qui sont installés à l'extérieur par une *boucle souterraine* ou par un *système de puits à eau* souterrain. En ayant un *SG*, vous éliminez le compresseur extérieur, le bruit d'un ventilateur et l'espace nécessaire pour installer un *groupe compresseur-condenseur*; vous pouvez ainsi jouir d'une cour arrière plus tranquille et paisible.

Autres avantages

Puisque tous les composants mécaniques d'un *SG* sont placés à l'intérieur, ils sont protégés contre le vandalisme et les intempéries. Un *SG* peut être adapté à presque tous les modèles de maisons et à tous les endroits. Le type de système que vous choisissez dépend de l'espace disponible sur le terrain ou dans l'eau, des conditions du sol, des règlements locaux et d'autres facteurs.

2 Installation d'un système géothermique dans une maison neuve

Conception architecturale

Conception architecturale éconergétique

Si vous décidez d'installer un *SG* dans votre maison neuve, vous franchissez une étape importante pour munir votre maison d'un système parmi les plus éconergétiques au Canada. Mais votre maison constitue tout un système en soi et votre *SG* n'en est qu'un élément. Les autres choix de conception architecturale que vous faites influeront sur le montant que vous paierez pour votre énergie, maintenant et plus tard, et le degré de confort que vous offrira votre maison neuve. Ces choix comprennent :

- le type et l'épaisseur d'isolation que vous placerez dans les murs, les plafonds et les planchers;
- le genre de fenêtres que vous choisirez et l'orientation que vous leur donnerez;
- le degré d'herméticité de votre maison;
- le système de ventilation;
- les appareils électroménagers et l'éclairage;
- l'aménagement paysager autour de votre maison.

Nombreuses sont les façons de réaliser des économies d'énergie. Ressources naturelles Canada vous offre un trésor d'information sur les moyens de rendre votre maison éconergétique; une adresse et un numéro de téléphone sont donnés au dos de la présente brochure pour vos besoins.

Lorsque vous améliorez l'efficacité énergétique de votre maison, vous réduisez de ce fait la taille et le coût du *SG* dont vous avez besoin. Vous pouvez utiliser une *thermopompe*, une *boucle souterraine* et un *système de distribution* plus petits et moins coûteux.

Emplacement de l'équipement et des services publics souterrains

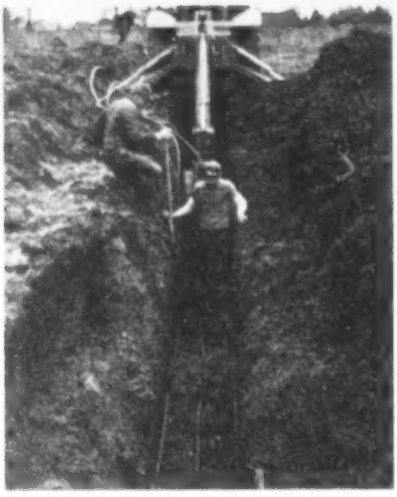
Assurez-vous que l'espace entre le *SG* et les autres installations souterraines comme la piscine, le puits et la fosse septique sera suffisamment dégagé. Faites en sorte que l'*excavatrice à chaînes*, la *pelle rétrocaveuse*, l'appareil de forage ou les autres équipements nécessaires à l'installation du *SG* puissent circuler sans encombre; le travail doit être exécuté en perturbant le moins possible la chaussée, les allées, les *servitudes* et les droits d'accès. L'endroit où seront placés les tuyaux doit être indiqué sur les plans afin de réduire le risque de dommages futurs.

La *boucle* ne doit pas croiser d'autres services souterrains (conduites de transport de gaz, conduites principales d'eau, égouts, lignes téléphoniques et câbles électriques); vous devez vous assurer qu'ils sont à l'abri de tout dommage et du gel durant et après l'installation qui doit respecter les normes de la *CSA*.

Conception d'un système pour une maison neuve

Choix d'une thermopompe

Quelle est la quantité de chaleur qui s'échappe de votre maison? Le calcul de cette chaleur perdue servira d'information de base pour concevoir le *SG*. Les soins apportés



À l'aide d'une pelle rétrocaveuse, on creuse une tranchée destinée à l'installation d'une boucle souterraine.

à la construction de votre maison déterminent la quantité de chaleur qui fuira par les fissures des fenêtres et des portes et la qualité de l'installation de l'isolation. L'orientation des fenêtres influence la quantité d'énergie solaire qu'elles laisseront pénétrer dans la maison. Le calcul des fuites de chaleur détermine donc la taille du *SG* qu'il vous faut.

Le calcul des pertes de chaleur réalisé par l'entrepreneur doit être fondé sur les normes de la *CSA* relatives à l'installation d'un *SG*. Pour ce faire, il aura besoin d'une série de plans donnant les dimensions des murs, des plafonds et des planchers ainsi que l'orientation et les dimensions des fenêtres et des portes dont le genre est précisé. Le vent et les arbres (qui peuvent ombrager les fenêtres) influencent également les pertes de chaleur. Pour mesurer avec précision l'herméticité de la maison, certains entrepreneurs procéderont à un test d'infiltrométrie. L'entrepreneur devrait alors vous remettre une copie de ses calculs de perte de chaleur.

La CSA exige qu'un *SG* soit suffisamment puissant pour répondre à au moins 90 p. 100 de la demande annuelle en chaleur de votre maison. La *chaleur auxiliaire* (habituellement des éléments électriques installés à l'intérieur d'une *thermopompe* ou d'un conduit) peut fournir le reste de la chaleur. Parmi les facteurs qui influencent la capacité de chauffage dont votre maison a besoin, soulignons le nombre d'occupants, la nature des appareils électroménagers et de l'éclairage, la quantité d'énergie solaire captée par les fenêtres, la qualité de la construction et le climat.

Pourquoi la CSA recommande-t-elle que la capacité d'alimentation d'un *SG* atteigne au moins 90 p. 100 de la demande en chaleur (sans y inclure la *chaleur auxiliaire*)? Parce qu'il faut tenir compte de toutes les sources de chaleur dans votre maison. L'éclairage de votre maison dégage de la chaleur, tout comme la cuisinière, le réfrigérateur, l'appareil de télévision, l'ordinateur et le congélateur. La chaleur que procure un soleil brillant traverse vos fenêtres et contribue à chauffer la maison. Enfin, les personnes (et les animaux de compagnie) qui vivent dans cette maison dégagent également une importante quantité de chaleur. Lorsque vous calculez les pertes de chaleur, il ne faut cependant pas tenir compte de ce que nous appelons les « gains de chaleur interne ». Voilà pourquoi un *SG* qui contribue à 90 p. 100 de la perte d'énergie calculée de votre maison produira normalement toute la chaleur dont votre famille a besoin et il vous en coûtera moins cher.

Un *appareil de chauffage auxiliaire* (habituellement des éléments électriques installés à l'intérieur d'un conduit ou construits dans une *thermopompe*) procure une chaleur supplémentaire pendant les jours les plus froids seulement. Si les quelques heures où il vous faut faire appel à la chaleur électrique modifient très peu votre facture d'électricité, par contre celle des frais d'installation d'un *SG* s'en trouvera de beaucoup réduite. Et comme le chauffage est plus important que le refroidissement dans la plupart des régions du Canada, une faible capacité de climatisation d'un système est acceptable dans la plupart des maisons et aura de meilleurs résultats qu'un système de plus grande capacité.

Le rendement d'une *thermopompe* est évalué selon l'efficacité du chauffage et du refroidissement qu'elle procure. Cette évaluation est également définie comme le *coefficient de performance* ou le *COP*. Lorsqu'on parle de chauffage, le *COP* devient le COP_c et lorsqu'on parle de refroidissement, le COP_r. Vous le calculez en divisant la capacité de chauffage ou de refroidissement du système par l'énergie utilisée pour le faire fonctionner. Exemple : si la capacité de chauffage d'un système s'élève à 10,4 kW et que la puissance nécessaire pour faire fonctionner le *compresseur*, la pompe et le soufflleur est de 3,25 kW, le COP_c est de 10,4 ÷ 3,25 = 3,2. De même, si la capacité de refroidissement s'élève à 10,55 kW (36 000 *Btu/h* x 0,000293 = 10,55) et que la puissance nécessaire atteint 2,51 kW, le COP_r est de 10,55 ÷ 2,51 = 4,2. (Remarque : certains fabricants définissent l'efficacité de la climatisation de leur *SG* comme le *taux de rendement énergétique (TRE)*. Le *TRE*, exprimé en *Btu/h* par watt, peut être converti en *COP*, en divisant le *TRE* par 3,413).

L'efficacité du conditionnement de l'air peut être mesurée de la même façon. Vous calculez le *COP*, en le divisant par la capacité de refroidissement du système par l'intrant énergétique. Ainsi, si la capacité de refroidissement de votre système est de 36 000 *Btu/h* (36 000 x 0,000293 = 10,55 kW), la puissance nécessaire pour le faire fonctionner sera de 2,29 kW, le *COP*, est de 10,55 ÷ 2,29 = 4,6.

L'efficacité d'un *SG* varie selon les changements de température et de circulation du liquide et de l'air pompés dans la *thermopompe*. Les fabricants évaluent leur *SG* en se basant sur un ensemble particulier de conditions normalisées appelées ISO 13256-1. L'évaluation d'un système à *boucle fermée* est appelée *thermopompe à boucle souterraine (TBS)* et celle d'un système à *boucle ouverte* ou *à eau souterraine*, une *thermopompe à eau souterraine (TES)*. Lorsque vous comparez les devis d'un équipement, assurez-vous d'utiliser les mêmes normes d'évaluation. Cependant, comme pour tout système, votre *SG* satisfera aux évaluations de rendement seulement si l'ensemble du système est conçu et installé conformément aux spécifications du fabricant.

Dimensions d'une boucle : une grande boucle est-elle préférable?

Une *boucle souterraine* est un peu comme une batterie rechargeable, branchée en permanence à un chargeur de batterie. L'énergie thermique est retirée de la *boucle*, ou de la « batterie » nécessaire à votre maison. Si la « batterie » est suffisamment puissante, il est facile de la recharger par l'énergie thermique tirée du sol environnant, du soleil, de la pluie, de la chaleur

évacuée durant le refroidissement de votre maison et de la chaleur provenant du noyau chaud de la terre. Mais si la *boucle*-batterie est régulièrement affaiblie plus rapidement qu'elle est rechargée, elle ne pourra pas fournir suffisamment d'énergie pour faire fonctionner le système. Et il n'existe pas de moyens faciles de la recharger rapidement.

Ainsi, la *boucle souterraine* doit satisfaire aux besoins de votre maison. Parmi les facteurs qui influenceront les dimensions de la *boucle souterraine*, il faut inclure :

- les besoins en matière de chauffage et de refroidissement de votre maison;
- le degré d'humidité et la nature du sol;
- la profondeur d'enfouissement de la *boucle*;
- le climat;
- l'épaisseur de neige qui couvre la *boucle* en hiver;
- la taille des tuyaux enfouis et la distance entre chacun.

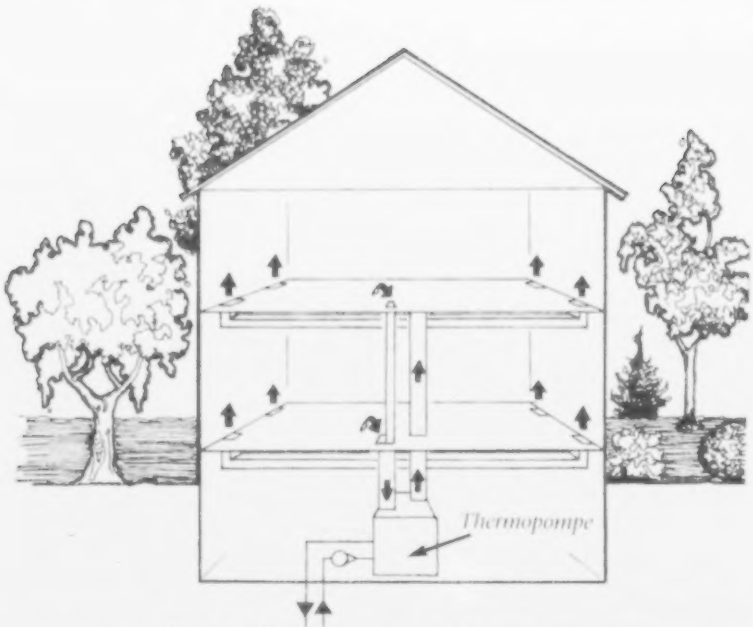
Plus les charges de chauffage et de refroidissement de votre maison seront fortes, plus étendue devra être la *boucle*. Un sol dense et humide conduit la chaleur plus rapidement qu'un sol léger et sec. Des tuyaux enfouis plus profondément disposent de plus de chaleur à tirer et auront un meilleur rendement. Un climat aux périodes froides prolongées nécessitera une *boucle* (« batterie ») qui peut conserver plus de chaleur. Un épais manteau de neige isole la terre et aide à retenir la chaleur. Si les tuyaux d'une *boucle souterraine* sont enterrés loin l'un de l'autre, ils nécessitent une plus grande masse de sol pour être rechargés.

Un entrepreneur compétent connaîtra les conditions du sol de votre région et concevra une *boucle souterraine* en tenant compte de ces facteurs. Certains fabricants de *thermopompes* offrent aux entrepreneurs un logiciel qui accomplit cette tâche. La CSA exige d'installer un système en *circuit fermé* comprenant une longueur minimum de *PEHD* en se basant sur la liste des variables énumérées ci-après.

Systèmes de distribution

Le *système de distribution* représente un élément important d'un *SG* et il doit s'harmoniser avec la *thermopompe*. Dans le cas contraire, certaines pièces de votre maison pourraient ne pas être suffisamment chaudes en hiver ou fraîches en été. Un *système de distribution* non adéquat pourrait également imposer une tension à la *thermopompe*, réduisant ainsi sa durée de vie et entraînant des appels téléphoniques d'urgence inutiles.

Si vous installez un *SG* dans une maison neuve munie d'un système à air pulsé, ou d'un système de conduits, en tant que *système de distribution*, il est de première importance que l'entrepreneur qui le conçoit et l'installe connaisse la quantité d'air qui doit circuler dans le système pour assurer son bon fonctionnement. Si la circulation de l'air est limitée en raison de l'étroitesse des conduits, vous découvrirez que certains endroits ne sont pas suffisamment chauffés ou rafraîchis; la circulation de l'air dans le système peut également créer du bruit. Vous découvrirez peut-être par vous-même que vous avez fait des appels de service inutiles parce que la *thermopompe* ne peut pas distribuer toute la



Un système de distribution à air pulsé peut aussi bien chauffer ou refroidir votre maison, selon la saison.

chaleur produite. Enfin, les contrôles de sûreté peuvent fermer le système durant les températures extrêmes de l'hiver ou de l'été.

Si vous choisissez un *système de chauffage à eau chaude*, l'entrepreneur doit veiller à ce qu'une quantité adéquate d'air frais circule dans toutes les pièces de votre maison neuve. Un *ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC)* muni d'un conduit dans chaque pièce peut accomplir cette tâche avec efficacité. La ventilation est particulièrement importante dans les maisons neuves puisqu'elles sont habituellement construites de façon beaucoup plus étanche à l'air que les anciennes.

Avant d'arrêter votre choix sur un entrepreneur, posez de nombreuses questions détaillées sur la conception du *système de distribution*. Comment déterminer les dimensions des conduits? Assurent-ils une circulation convenable de l'air dans chaque pièce et dans le système? Comment est calculée la grosseur des tuyaux? Le coût d'un *système de distribution* peut atteindre entre 15 et 25 p. 100 de l'ensemble du système. S'il n'est pas assez puissant, l'installation sera peut-être moins coûteuse, mais vos pièces ne seront probablement pas chauffées ou refroidies aussi silencieusement et avec autant d'efficacité et de confort qu'avec un système plus puissant. Et les frais d'appels de service seront également plus élevés à la longue.

Ventilateur-récupérateur de chaleur

La crise de l'énergie des années 1970 a aiguillonné de nombreuses recherches en vue de réduire les besoins énergétiques dans les maisons neuves. Les constructeurs de maisons ont déployé de nombreux efforts pour procurer une meilleure étanchéité. Des systèmes mécaniques de ventilation sont donc maintenant installés pour s'assurer que l'air frais se diffuse dans les maisons neuves, alors que dans les anciennes maisons on comptait sur les fissures autour des fenêtres, des portes et des *solives* du sous-sol pour renouveler l'air frais.

La ventilation peut signifier simplement chasser l'air vicié et humide au moyen d'un ventilateur et le remplacer par de l'air frais par un second ventilateur, mais dans les régions froides (comme un peu partout au Canada), la ventilation peut entraîner une importante perte de chaleur.

Un *ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC)* réduit les pertes de chaleur par ventilation en récupérant entre 60 et 80 p. 100 de la chaleur de l'air qui s'échappe, ce qui pourrait réduire la puissance du *SG* (c.-à-d. la *thermopompe*, la *boucle* et les conduits) suffisamment pour justifier l'installation d'un *VRC*.

L'introduction de l'air frais dans une maison neuve réduit les nombreux polluants dégagés par les nouveaux matériaux, les tapis et les meubles qui causent des problèmes d'allergie et de respiration. L'air frais et sec introduit par le *VRC* réduit également le degré d'humidité dans votre maison.

Filtration de l'air (système de distribution à air pulsé)

Il y a deux raisons de filtrer l'air qui circule dans la *thermopompe* et dans les conduits de votre maison. En premier lieu, un filtre à air retient les particules de poussière et de pollen en les empêchant de se répandre un peu partout dans votre maison et, en second lieu, il évite que le *serpentin* à air de la *thermopompe* ne s'encrasse de poussière pour perdre ainsi de son efficacité. Il existe une grande diversité de filtres à air, y compris les filtres en fibre de verre à jeter standard (10 p. 100 d'efficacité), les filtres plissés, les filtres électrostatiques lavables et les filtres à air électronique (50 p. 100 d'efficacité).

Quel que soit le type de filtre à air utilisé, veillez à le changer ou à le remplacer régulièrement afin de maintenir l'efficacité de la *thermopompe*.

Contrôles

Thermostat

Un *thermostat* n'est qu'une simple commande électrique qui actionne ou qui arrête le fonctionnement d'une *thermopompe* selon le degré de température de la maison. La plupart des *thermopompes* installées dans les maisons canadiennes assurent tant la climatisation que le chauffage et plusieurs d'entre elles sont munies d'un *appareil de chauffage auxiliaire*, habituellement électrique. Les modèles de *thermostats* sont nombreux. Les plus simples se résument à une commande électrique qui permet de passer manuellement du chauffage au refroidissement alors que d'autres modèles peuvent être programmés selon différentes fonctions. Certains d'entre eux sont dotés d'un système de contrôle encore plus raffiné puisque vous pouvez ajuster la température de votre maison par Internet. Il existe également des systèmes de contrôle de zone qui vous permettent de chauffer ou de refroidir certaines

pièces en commandant différentes températures pour chacune d'elles.

Les SG conviennent habituellement mieux aux besoins de chauffage que les *systèmes de chauffage classiques*. Comme nous l'avons remarqué précédemment, les systèmes sont souvent légèrement sous-dimensionnés et utilisent des *appareils de chauffage* électriques durant les jours les plus froids. Un *thermostat programmable* peut à vrai dire consommer plus d'énergie étant donné que le système continue de chauffer la maison une fois le niveau de réglage atteint. L'*appareil de chauffage auxiliaire* électrique peut se mettre en marche.

Humidificateur

Le contrôle de l'humidité contribue de façon marquée au confort de votre maison. L'air frais qui pénètre dans votre maison en hiver retient moins d'humidité que l'air chaud intérieur et il peut le faire à un tel point qu'il peut rendre votre maison inconfortable. Peut-être songerez-vous à acheter un *humidificateur?*

Lorsque vous ajoutez un *humidificateur* à votre SG, vous devez choisir celui qui n'a pas besoin d'une *dérivation* entre la conduite d'amenée de l'air et celle du retour.

Coûts de l'acquisition d'un SG

Coûts de fonctionnement et d'entretien

Un SG tire gratuitement du sol plus des deux tiers de l'énergie. Il est facile de comprendre pourquoi le coût de l'énergie obtenue par un

Une maison de Shadow Ridge Estates dotée d'un système géothermique

Une étude de cas – Shadow Ridge Estates, Greely (Ontario)

Shadow Ridge Estates nous fait comprendre pourquoi le choix d'un SG représente un très gros avantage tant pour les constructeurs que pour les acheteurs de maison.

« Au début, j'étais attiré par ce système en raison de son efficacité énergétique et de son caractère écologique », explique M. Don Cardill, le propriétaire de Donwel Construction. M. Cardill a rapidement découvert que l'offre d'un SG qui chauffe une maison en hiver et agit comme unité de conditionnement de l'air en été constituait un élément de marketing non négligeable auprès des nouveaux acheteurs de maison. « Nous étions les seuls à offrir, pour le même prix, quelque chose de nouveau à nos clients », d'ajouter M. Cardill.

Les propriétaires ont reconnu que les SG étaient très efficaces au moment de refroidir la maison. « Nous pouvons rafraîchir le rez-de-chaussée de notre maison en une heure seulement, chose impossible ou nous habitions auparavant », a déclaré M. Bill Barnes, qui réside depuis dix ans à Shadow Ridge Estates.

« Je suis vraiment heureux de ne pas entendre le bruit étourdissant d'un appareil de conditionnement de l'air autour de ma maison », d'expliquer M. Gallant, un autre propriétaire.

Les SG de Shadow Ridge servent à autre chose. Certaines maisons les utilisent pour chauffer *par rayonnement à partir du plancher*, pour chauffer des tuyaux placés sous les allées afin de fondre la neige en hiver, pour obtenir de l'eau chaude dans des cuves thermales extérieures et pour capter de l'énergie afin de chauffer l'eau.

Les économies sont également très intéressantes. Pour une maison de 185,8 m^2 (2 000 pi^2) construite selon des normes supérieures à celles de R-2000 à Shadow Ridge Estates, les frais de conditionnement de l'air se sont élevés à moins de 50 $ durant toute la saison de refroidissement et les frais de chauffage à moins de 300 $ durant tout l'hiver.

SG peut être de beaucoup inférieur à celui de l'énergie fournie par d'autres combustibles, y compris le gaz naturel. En outre, le coût de l'entretien des systèmes géothermiques est de façon générale moins élevé que celui des *systèmes de chauffage* et *de conditionnement de l'air classiques*. Il existe de bonnes raisons pour défendre ce point de vue. Un *système de chauffage* et *de conditionnement de l'air classique* est muni d'un appareil extérieur qui expulse la chaleur de votre maison. Cet appareil subit le poids des conditions climatiques souvent difficiles du Canada où la neige et la glace en hiver alternent avec la chaleur et l'humidité en été. L'appareil est aussi soumis aux mouvements du sol autour de votre maison, ajoutant ainsi une tension sur les conduites de réfrigération. Les *thermopompes* à air sont sujettes à une plus grande tension encore que les appareils de conditionnement de l'air parce qu'elles doivent fonctionner à longueur d'année.

Les échangeurs énergétiques des *appareils de chauffage* aux *combustibles fossiles* sont influencés par les températures extrêmes lorsqu'ils fonctionnent. À la longue, ils se fissurent à cause de l'expansion et de la contraction du métal.

Les conditions que doit subir un *SG* sont beaucoup moins sévères. Les températures de la source de chaleur et de la source de froid (la *boucle*) sont plus basses et plus constantes que celles obtenues d'un conditionneur d'air classique ou d'une *thermopompe* à air. Les températures dans une *thermopompe* sont certainement moins intenses que celles des flammes d'un *appareil de chauffage* aux *combustibles fossiles*; elle supporte donc moins de contraintes, réduisant de ce fait les besoins d'entretien. La *boucle* elle-même ne subit que les effets de la température constante du sol. Encore une fois, presque aucune tension n'est imposée aux tuyaux qui ne nécessitent pratiquement aucun entretien.

Enfin, n'oubliez pas qu'un filtre à air d'un *SG* utilisant un *système à air pulsé* doit être nettoyé ou changé régulièrement, comme celui de tout autre équipement de chauffage à air pulsé.

Frais d'achat

Les frais d'installation d'un *SG* peuvent varier grandement selon la région du Canada où vous habitez. En pratique, le coût d'une *thermopompe* est semblable à celui d'un *appareil de chauffage* et d'un conditionneur d'air classiques.

Les frais d'installation d'une *thermopompe* sont quelque peu inférieurs puisqu'il faut y soustraire les coûts d'installation d'un raccord de conduite de gaz, de construction d'une cheminée et d'une dalle pour recevoir l'appareil de conditionnement de l'air extérieure.

Les frais d'installation des conduits d'un *SG* devraient se comparer à ceux d'un *système classique*. Le coût d'installation d'un *système de distribution* d'un système à eau chaude devrait être légèrement plus élevé que celui d'un *appareil de chauffage* au gaz. En effet, les températures plus basses de l'eau fournie par un *SG* exigent parfois l'installation d'une plus grande quantité de tuyaux de chauffage du plancher ou un système de radiation plus étendu.

La grande différence entre le prix d'un *SG* et celui d'un *système de chauffage* et *de conditionnement de l'air classique* vient du prix de la *boucle souterraine*. Cette différence peut varier beaucoup d'un endroit à l'autre, tel qu'il est décrit dans la section intitulée « Diversité des systèmes géothermiques » à la page 4. Le tableau suivant donne un aperçu de la différence de coûts et des sortes de *boucles souterraines* selon les dimensions de la maison.

	Boucle horizontale	Boucle verticale (un puits)	Boucle verticale (deux)	Boucle à étang	Boucle ouverte
Maison de 120 m² (8,8 kW (2,5 tonnes))	De 1 200 $ à 1 600 $	De 1 400 $ à 1 800 $	De 2 400 $ à 3 200 $	De 1 200 $ à 1 800 $	De 1 000 $ à 5 000 $
Maison de 160 m² (14 kW (4 tonnes))	De 1 800 $ à 2 200 $	De 2 000 $ à 2 500 $	De 3 500 $ à 4 500 $	De 1 800 $ à 2 500 $	De 1 000 $ à 6 000 $
Maison de 240 m² (17,6 kW (5 tonnes))	De 2 400 $ à 3 200 $	De 2 800 $ à 3 600 $	De 4 800 $ à 6 000 $	De 2 400 $ à 3 600 $	De 1 000 $ à 7 000 $

NOTA : Les prix inscrits à ce tableau, qui peuvent varier grandement, représentent le coût moyen d'une boucle souterraine selon la puissance du SG choisi et les conditions spéciales d'un site en particulier.

Période de récupération

L'une des questions que l'on nous demande souvent est la suivante : « Si j'achète un SG, quelle sera la période de récupération de mon argent? » De nombreux éléments déterminent la longueur du délai de récupération. Voici un exemple :

Jim et Donna prévoient construire en banlieue une maison de 160 m² sur un vaste terrain et ils veulent payer le moins cher possible pour la chauffer. Le gaz naturel n'est pas encore disponible dans leur quartier, mais il est question de prolonger la conduite de gaz derrière leur propriété d'ici un ou deux ans. Ils étudient tour à tour l'*appareil de chauffage* à l'électricité, celui au gaz propane qu'ils pourront convertir au gaz naturel d'ici un an ou deux ans et un SG. Voici le coût de chacune de ces trois options :

Appareil de chauffage électrique et de conditionnement d'air	5 900 $
Appareil de chauffage au gaz propane et conditionneur d'air à rendement élevé	6 400 $
Système géothermique	12 800 $

Une estimation des coûts annuels de combustibles donne les résultats suivants :

	Chauffage	Climatisation	Eau chaude	Total
Appareil de chauffage électrique	1 208 $	119 $	400 $	1 727 $
Appareil de chauffage au propane à rendement élevé	1 228 $	119 $	497 $	1 844 $
Appareil de chauffage au gaz à rendement élevé	670 $	119 $	309 $	1 098 $
Système géothermique	356 $	54 $	270 $	680 $

Une *période de récupération simple* est facile à calculer. Soustrayez le coût d'installation d'un système de celui d'un SG et divisez la réponse par les économies sur le coût du combustible. Ainsi,

Système géothermique	12 800 $
Appareil de chauffage électrique et de conditionnement de l'air	5 900 $
Différence de coût	6 900 $

La *période de récupération simple* est donc calculée comme suit : 6 900 $ ÷ (1 727 $ – 680 $) = 6,6 ans.

Une *analyse du flux d'encaisse* illustre votre sortie de fonds annuelle si vous possédez et si vous utilisez un système. Si vous financez l'achat de votre maison durant plus de 20 ans, la différence de coûts pour installer un *système de chauffage* et de conditionnement de l'air est également financée; par exemple :

	Coûts de l'énergie	Principal et intérêt annuels (7,5 %)	Total
Système électrique	1 727 $	557 $	2 284 $
Système géothermique	680 $	1 208 $	1 888 $
Économie annuelle du flux d'encaisse avec un SG			449 $

La différence des coûts annuels d'énergie compense très largement l'écart du coût initial plus élevé de l'installation d'un SG. Lorsque vous comparez le paiement de votre hypothèque et les coûts d'énergie des deux systèmes chaque mois, vous réalisez un surplus mensuel de 37 $ (449 $ ÷ 12 mois).

Naturellement, si vous tenez compte de l'inflation et de l'augmentation du prix du combustible, vos économies seront encore plus élevées.

Le calcul du *coût du cycle de vie* fait progresser de quelques pas l'*analyse du flux d'encaisse* en additionnant le coût de l'inflation aux combustibles, le coût de remplacement de votre équipement à la fin de sa durée de vie prévue, le coût d'un emprunt pour installer le système et les autres coûts. Tous ces coûts sont basés sur une estimation d'une période de plus de 20 ans et sont assez difficiles à calculer. Il vaut cependant la peine de prendre note des points suivants :

- La durée de vie prévue de la *thermopompe* d'un SG est d'environ 18 à 20 ans, à peu près la même que celle d'un *appareil de chauffage classique*. Un conditionneur d'air ou une *thermopompe* à air classique devrait durer entre 12 et 15 ans seulement parce que l'unité placée à l'extérieur est exposée aux intempéries.
- La durée de vie prévue d'une *boucle souterraine* peut atteindre entre 50 et 75 ans. Même si la *thermopompe* doit être remplacée au bout de 20 ans, la *boucle souterraine* pourra servir beaucoup plus longtemps.
- Si l'*analyse du flux d'encaisse* démontre que vous économiserez 449 $ par année maintenant, l'inflation augmentera la valeur de vos économies en raison du taux d'inflation du combustible.
- Si vous investissiez les économies réalisées sur les coûts d'énergie annuels dans un REER qui rapporterait, disons, 8 p. 100 d'intérêt, et en prévoyant un taux d'inflation de 2,5 p. 100, vos économies annuelles pourraient atteindre plus de 24 000 $.
- Il semblerait que le coût des *combustibles fossiles* augmentera plus rapidement que celui de l'électricité au début du XXI^e^ siècle en raison de la demande croissante provoquée par le passage en Amérique du Nord du charbon au gaz naturel.

3 Installation d'un système géothermique dans une **maison déjà construite**

Emplacement et services existants

Accès à l'emplacement

Un *SG* tire la chaleur du sol. Installer la *boucle souterraine* d'un *SG* exige de creuser autour de la maison. D'habitude, d'autres services ont déjà été enfouis, y compris les câbles électriques, les canalisations d'eau et de gaz, les égouts et le champ d'épuration qu'il faut éviter au moment de creuser, tout comme des arbres et des arbustes que vous souhaitez ne pas déranger. Sur les terrains de dimensions plus petites, il est possible qu'un équipement lourd, par exemple une *pelle rétrocaveuse* ou un appareil de forage sur gros camion, ne puisse atteindre l'endroit désiré.

Il existe parfois des solutions de rechange. Dans certaines régions, des entrepreneurs se spécialisent dans l'installation de *boucles souterraines* dans des espaces plus restreints. Il peut donc être possible de creuser des *trous de forage* suffisamment profonds pour qu'ils ne dérangent que très peu le terrain, ou encore d'utiliser un appareil de forage réduit qui peut atteindre le site plus facilement. Il existe des excavatrices de tranchées à chaînes suffisamment petites pour se rendre dans une cour arrière.

Assurez-vous de connaître le genre d'équipement que l'entrepreneur prévoit utiliser et que tous les deux, l'entrepreneur et vous, connaissiez exactement l'endroit où la *boucle* sera placée. De nombreux entrepreneurs jalonnent l'endroit où sera placée la *boucle souterraine* au moyen de petits drapeaux ou d'un pulvérisateur de peinture. Indiquez à l'entrepreneur les éléments d'aménagement paysager

Installation d'une boucle souterraine pour une maison existante.

que vous aimeriez protéger. Avant que ne commencent les travaux, répondez aux questions suivantes : Qui assumera la responsabilité de l'aménagement paysager une fois les travaux terminés? L'entrepreneur installera-t-il lui-même la *boucle* ou confiera-t-il cette tâche à un sous-traitant? Si le travail est réalisé par un sous-traitant, l'entrepreneur sera-t-il sur place au moment de l'installation de la *boucle*? Est-ce que l'entrepreneur garantit son travail?

Le système électrique et les conduits existants conviennent-ils?

L'un des avantages qu'offre un *SG* est sa faible demande d'énergie. Bien qu'il soit souvent possible d'installer un système dans une maison déjà existante sans devoir accroître la puissance électrique, vous devez quand même faire les vérifications nécessaires. S'il vous faut remplacer un *appareil de chauffage* électrique, le panneau distributeur conviendra probablement. Si vous procédez au remplacement de votre *appareil de chauffage* aux *combustibles fossiles*, il se peut que vous deviez augmenter la puissance pour répondre aux besoins d'un *SG*, en particulier si vous y ajoutez un *appareil de chauffage auxiliaire* électrique.

Par le passé, la plupart des *appareils de chauffage* électriques ou aux *combustibles fossiles* résidentiels haussaient la température de l'air qui y circulait de 20 à 30 °C afin de réduire la circulation de l'air nécessaire au chauffage de votre maison et la taille des conduits (et le coût). Les *thermopompes* d'un *SG* ordinaire élèvent la température de l'air de seulement environ 10 à 15 °C. Vu ce fait, il vous faut donc faire circuler une plus grande quantité d'air dans votre nouveau *SG* pour qu'il produise la même quantité de chaleur dans votre maison.

Votre entrepreneur peut recommander de changer certains conduits de votre maison pour que le système suffise au débit de l'air nécessaire. De cette façon, on aura un système plus efficace et une diminution des problèmes éventuels causés par les bruits de l'air. L'entrepreneur peut également recommander de recouvrir d'un isolant acoustique l'intérieur des *plenums* d'approvisionnement et de retour d'air en installant des *flexibles* aux *plenums* qui raccordent la *thermopompe* au système de conduites.

Emplacement des services publics

Comme nous l'avons souligné précédemment, vous devez procéder à une vérification en profondeur de l'endroit précis du matériel des services publics

souterrains qui entourent votre maison. De plus, vous devez faire arpenter votre propriété pour en connaître les limites ainsi que l'emplacement des droits de passage et les *marges de reculement*. Les puits de vos voisins peuvent être touchés tout comme ils peuvent influencer le rendement de votre *SG* à circuit ouvert.

Effets sur l'aménagement paysager

L'installation de la *boucle souterraine* d'un *SG* causera toujours certains dommages à l'aménagement paysager de votre terrain. Une *boucle horizontale* exigera beaucoup plus de travaux d'excavation que les autres catégories de *boucles* et l'installation de n'importe quelle *boucle* nécessitera toujours de creuser autour de votre maison. Les réparations à l'aménagement paysager sont longues parce que la terre est lente à se sédimenter de nouveau dans les fossés. Le temps des travaux dépendra dans une certaine mesure de la nature du sol de votre terrain. Les sols d'argile lourde prennent habituellement plus de temps à se sédimenter que les sols sablonneux et meubles.

L'entrepreneur pourra, dans le cas de certains sols, recommander de garder le monticule de terre au-dessus des fossés durant plusieurs mois, voire tout l'hiver. Cette terre se sédimentera à la longue quand la pluie détrempera la terre des fossés ou que les ruissellements du printemps auront brisé les plus grosses mottes de terre. Si un supplément de terre est déplacé, il y aura probablement un léger affaissement qui entraînera une déclivité à l'endroit où les fossés auront été creusés. Les résultats sont de façon générale meilleurs si la terre se sédimente naturellement. Vous pouvez accélérer le tassement du sol en comprimant la terre à chaque 10 ou 20 cm au moment de remplir les fossés; ce travail peut cependant s'avérer coûteux. Mouiller la terre dans les fossés peut aussi accélérer le processus de tassement.

Une fois la terre tassée, rien sur votre gazon ne laissera croire qu'une *boucle souterraine* a été enfouie à cet endroit.

Effets sur les structures contiguës

Veillez à ce que votre *SG* n'endommage pas les arbres, les murs, les fils aériens ou d'autres éléments de l'aménagement paysager. Prévoyez un espace pour l'équipement de creusage des fossés ou de forage et un endroit où déposer la terre dégagée. N'enfouissez aucune section du système ou du *serpentin* qui dépasse la limite de propriété sans une autorisation écrite de votre voisin. Veillez également à ne pas croiser des installations de services publics souterraines, comme les canalisations de gaz et d'eau, les lignes téléphoniques, les câbles électriques, les conduits d'égouts et les tuyaux d'écoulement, et à les protéger des dommages ou du gel. Il ne faut jamais placer une *boucle souterraine* sous une fosse septique ou à travers un champ d'épuration. De façon générale, la tuyauterie d'un *SG* doit être bien éloignée des autres services publics afin d'éviter de les endommager lors de réparations.

Selon les normes de la *CSA*, il vous faut dessiner un plan pour indiquer l'emplacement de la *boucle souterraine*, une fois l'installation terminée. La méthode la plus simple de dessiner le plan d'une *boucle souterraine* est de mesurer chaque point important de la *boucle* (comme les *trous de forage* et les extrémités du fossé) en partant de deux points de repère distincts et permanents. Par exemple, vous pouvez déterminer l'emplacement d'un *trou de forage* en partant de deux coins de votre maison, ce qui vous donnera un triangle formé à l'aide de deux points et du *trou de forage*, facilitant ainsi une recherche éventuelle. Ce genre de plan vous sera très utile lorsque vous (ou peut-être un propriétaire futur) voudrez apporter des changements à l'aménagement paysager, tels que l'installation d'une fontaine décorative ou la plantation d'un arbre. Le plan doit être placé dans une enveloppe qui sera attachée à la *thermopompe* ou dans quelque autre lieu sûr. Si vous songez à acheter une maison où un *SG* est déjà installé, demandez le plan ou le diagramme de la *boucle*.

La norme de la *CSA* oblige également à laisser un *fil* ou un *ruban de traçage* dans le fossé, au-dessus des tuyaux afin qu'un détecteur de métal puisse trouver la *boucle*. On peut également placer un large ruban métallique dans le fossé, au-dessus du tuyau, pour montrer que quelque chose y est enfoui.

Conception d'un système dans une maison déjà construite

Grandeur optimale

La capacité de chauffage et de refroidissement du *SG* installé dans votre maison est le facteur unique le plus important qui assurera à votre maison le confort, un équipement durable et un système efficace.

Le propriétaire d'une maison existante, en particulier une vieille maison, ne dispose habituellement pas des plans de la construction des murs, de l'isolation des plafonds et d'autres détails nécessaires au calcul précis des pertes de chaleur. Il vous faudra donc évaluer et faire un calcul approximatif de la valeur de l'isolation de certains éléments comme les murs, les plafonds et les fenêtres. Cette information sera utilisée par l'entrepreneur lorsqu'il préparera les devis. Idéalement, un plan doit montrer l'orientation de la façade de la maison, les dimensions des murs, la taille et la catégorie des fenêtres, les degrés d'isolation et les autres éléments de chaque palier qui fourniront une information suffisante pour calculer les pertes de chaleur. Etant donné que le vent influence les pertes de chaleur et les arbres, les charges de refroidissement s'ils ombragent les fenêtres, l'information sur la configuration des vents et des arbres sur une propriété est donc utile. Certains entrepreneurs procéderont également à un test d'infiltrométrie. Les entrepreneurs doivent fournir une copie des calculs de pertes de chaleur qu'ils ont faits.

Pour assurer une double vérification des calculs relatifs aux pertes de chaleur dans votre maison, certains entrepreneurs vous interrogeront sur votre consommation d'énergie au cours d'une année entière. Si l'isolation n'a pas été améliorée récemment ou si vous n'avez pas construit de rajouts, les données sur la consommation énergétique annuelle peuvent être utilisées pour évaluer les pertes de chaleur de la maison.

Dans une maison existante munie d'un système de conduits, il y a une raison supplémentaire d'installer un système qui fournit moins de chaleur que la perte de chaleur calculée. Les anciens *appareils de chauffage* aux *combustibles fossiles* ou électriques prévoyaient une circulation d'air plus faible que celle d'un *SG*. Il peut donc s'avérer difficile, voire impossible, d'améliorer les conduits en vue d'augmenter la capacité de volume d'un *SG* sans néces-sairement accroître le bruit de l'air. Rappelez-vous qu'au moment de concevoir un *SG* pour votre maison, le plus gros n'est pas nécessairement le meilleur.

De nombreux principes qui s'appliquent à la conception d'un *SG* destiné à une maison neuve, par exemple, les évaluations de *COP* et de *COP*, d'un système à *circuit fermé* ou ouvert et les calculs des charges de chaleur, s'appliquent également aux maisons existantes – voir la section intitulée « Conception d'un système pour une maison neuve » à la page 16.

Solutions de rechange pour les maisons chauffées à l'eau chaude ou avec des plinthes chauffantes électriques

Il est possible d'installer un *SG* dans une maison déjà construite et munie d'un *système de chauffage à eau chaude* ou de plinthes chauffantes électriques. Voici quelques points dont il vous faudra tenir compte si vous choisissez d'installer un *système de chauffage à eau chaude*.

Systèmes à eau chaude

Il existe plusieurs types de systèmes résidentiels à eau chaude, allant du vieux et lourd radiateur en fonte jusqu'aux radiateurs-plinthes réduits et au *chauffage par rayonnement à partir du plancher*, choix plus modernes. Il y a également des systèmes qui utilisent l'eau chaude pour transférer la chaleur à un système à air pulsé au moyen d'un *ventilo-convecteur*. Chacun d'eux peut être utilisé avec un *SG* bien qu'on ne puisse trouver en ce moment aucune *thermopompe* qui produit de l'eau chaude de plus de 50 °C. La capacité de chaleur d'un *système de distribution* peut donc être réduite. De nombreux systèmes de chauffage à eau chaude actuels ne distribuent pas suffisamment de chaleur dans la maison, à moins d'utiliser une eau dont la température est supérieure à 65 ou 70 °C.

Si vous avez récemment amélioré l'isolation et l'étanchéité de votre maison, les pertes de chaleur de cette dernière ont cependant pu être suffisamment réduites pour vous permettre d'utiliser une température d'eau assez basse et d'installer un *SG*.

Radiateurs de fonte

Ces lourds radiateurs décoratifs ont été conçus pour être utilisés sans couverture protectrice. Comme ils sont souvent placés en des endroits où il est facile de les toucher, les systèmes fonctionnaient habituellement entre 50 et 55 °C. Un *SG* peut produire une température de 50 °C et, en améliorant les fenêtres et l'isolation de la maison, il pourrait fonctionner de façon satisfaisante avec ces systèmes. Cependant, la tuyauterie des radiateurs devra certainement être améliorée. Les entrepreneurs ont utilisé avec succès des *tuyaux en polyéthylène réticulé* de 12, 19 ou 25 mm pour installer de nouveaux conduits menant aux radiateurs.

Radiateurs-plinthes

La plupart des systèmes de radiateurs-plinthes utilisent de l'eau ayant atteint une température de 60 à 70 °C. Ils ne sont donc pas compatibles avec un *SG*, car la capacité de chauffage d'un radiateur-plinthe diminue de 30 à 50 p. 100 lorsqu'il reçoit de l'eau à 50 °C. Dans la plupart des cas, il sera difficile de faire fonctionner un *SG* avec des radiateurs-plinthes sans y installer de nombreuses unités supplémentaires.

Chaleur dans le plancher

Les systèmes de chauffage dans le plancher utilisent souvent une eau moins chaude que ceux compatibles avec un *SG*. Toutefois, si le système de votre maison est muni de tuyaux installés dans l'espace libre entre les *solives* du plancher plutôt que dans du ciment ou dans des plaques réflectrices de métal, il sera probablement nécessaire d'obtenir une température de l'eau plus élevée que celle produite par un *SG*.

Ventilo-convecteurs

La capacité de chauffage d'un *ventilo-convecteur* est directement liée à la température de l'eau qui y circule. Vous devez mettre à l'essai la capacité d'un *serpentin* de chauffage afin de vous assurer qu'il peut distribuer suffisamment de chaleur dans votre maison à l'aide d'un *SG*.

Avant de décider si le *système de distribution* d'eau chaude actuel sera utilisé, l'entrepreneur devra déterminer si ce *système de distribution* chauffera votre maison convenablement aux températures d'eau plus basses d'un *SG*.

Plinthes électriques

Les plinthes électriques utilisent l'énergie électrique pour produire de la chaleur dans la pièce où elles sont installées et n'ont pas besoin d'un *système de distribution*. Deux options s'offrent à vous : la première exige de construire un *système de distribution* dans la maison – soit à air pulsé, soit à eau chaude – et d'installer un *SG* approprié; la seconde option prévoit d'utiliser des *thermopompes* capables de chauffer des espaces restreints sans *système de distribution*. Plusieurs fabricants construisent des *thermopompes-consoles* de différentes tailles. Elles doivent être placées au pied d'un mur et ne chauffent et ne refroidissent qu'une seule pièce à la fois, sans *système de distribution*. Elles mesurent en moyenne entre 120 et 130 cm de longueur, 60 cm de hauteur et environ 25 cm de profondeur. La *boucle souterraine* fournit l'électricité et les tuyaux de raccordement à la console. Cette option peut convenir à des endroits où il est impossible d'installer un conduit (par exemple, le grenier du deuxième étage d'une vieille maison).

Conditionnement de l'air

Il peut s'avérer difficile de conditionner l'air dans une maison qui ne possède pas de *système de distribution* à air pulsé. Certains genres de *thermopompes*, comme les modèles *eau-eau*, peuvent produire de l'eau fraîche qui peut être utilisée dans les systèmes de conditionnement de l'air. Cependant, la plupart des systèmes de chauffage à eau chaude ne produisent pas de refroidissement. Lorsqu'un radiateur en fonte, un radiateur-plinthe ou un *système de chauffage au plancher* est refroidi à l'eau refroidie, il se forme de la condensation sur la surface froide des tuyaux où l'eau circule. Certaines catégories de *ventilo-convecteurs* peuvent servir au conditionnement de l'air en y faisant circuler de l'eau fraîche, mais la condensation doit être recueillie dans une cuvette placée sous le *serpentin* à eau. Il faut en outre isoler les tuyaux où circule l'eau fraîche.

Il pourrait également être pertinent d'utiliser des *thermopompes-consoles* (voir la section précédente, « Plinthes électriques ») pour refroidir certaines pièces de la maison chauffées par un système à eau chaude.

Certains fabricants produisent un appareil qui peut chauffer l'eau destinée au système à eau chaude et qui chauffe ou refroidit également l'air destiné au système à air pulsé. Grâce à cet appareil, il peut être possible d'ajouter certains conduits à votre maison pour conditionner l'air tout en conservant votre *système de distribution* à eau chaude qui fournit la chaleur.

Améliorations possibles

Amélioration des filtres à air

Voir la page 19 qui traite des filtres à air. Quel que soit le filtre utilisé, il vous faut le changer ou le nettoyer régulièrement pour maintenir l'efficacité de votre *thermopompe*.

Ajout d'un ventilateur-récupérateur de chaleur

Ajouter un *ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC)* peut améliorer la qualité de l'air intérieur de votre maison. L'ajout d'un VCR peut

aussi s'avérer judicieux si vous voulez améliorer le scellement et l'isolation de votre maison lors de l'installation d'un *SG*. Par exemple, une maison plus étanche selon le programme R-2000 consommera moins d'air frais et justifiera ainsi l'installation d'un *système de distribution* d'air frais distinct qui intégrerait un *VRC*. Ce dispositif ajoute de l'air frais à la maison, mais la chauffe à l'avance au moyen d'un *échangeur de chaleur air-air* qui transfère la chaleur d'une alimentation égale d'air s'échappant de la maison. Ainsi, l'équilibre de l'air de votre maison est maintenu alors que vous récupérez de 60 à 80 p. 100 de l'énergie thermique qui autrement aurait été expulsée de votre maison.

L'installation d'un *VRC* augmentera la consommation d'énergie de votre maison si elle ne dispose d'aucun système à air frais parce que, malgré le réchauffement préalable par l'air expulsé, le *VRC* ne peut récupérer toute la chaleur. Lorsqu'on établit une comparaison entre un système à air frais sans récupération de chaleur, le *VRC* économise néanmoins des frais d'énergie et réduit la charge de votre *thermopompe*. Le dispositif peut être intégré à votre système à air pulsé actuel ou ajouté à un système distinct dans votre maison.

Contrôles

Voir les pages 19 et 20 où l'on aborde la question des contrôles d'un *SG* dans une maison neuve. Les mêmes contrôles s'appliquent aux maisons déjà construites, à l'exception du contrôle de l'humidité.

Si vous désirez changer votre *appareil de chauffage* au gaz ou aux *combustibles fossiles* à la faveur d'un *SG*, la présence d'un *humidificateur* sera probablement moins nécessaire puisque l'air sec tiré de l'extérieur pour répondre à la demande de combustion de l'*appareil de chauffage* ne sera plus un problème.

Si vous prévoyez installer un *VRC*, la quantité d'air sec qui pénétrera dans votre maison augmentera et la présence d'un *humidificateur* pourrait s'avérer nécessaire. Si vous installez un *SG* et prévoyez utiliser votre *système de distribution* à air pulsé, il serait préférable de remplacer votre humidificateur à dérivation par un autre de catégorie *sans dérivation*. Une unité de *dérivation* réduira le rendement de la *thermopompe* et la quantité d'air produit à la bouche d'aération. Si vous conservez votre système à eau chaude actuel comme *système de distribution* de chauffage, un *humidificateur* portatif pourrait être une possibilité, en particulier si vous ajoutez un *VRC* au système.

Enlèvement de l'équipement en place

Si vous ne prévoyez pas garder l'*appareil de chauffage* actuel comme système de secours, vous devez vous assurer de l'enlever à la fin du contrat. Il est également important que la canalisation de gaz soit débranchée et obturée correctement; il faut également enlever le réservoir de combustibles et cimenter le trou de remplissage. Assurez-vous en outre d'annuler tout approvisionnement en combustible ou contrat de service.

Il arrive parfois que du combustible soit livré à une maison où le réservoir a été enlevé dernièrement, mais où on a négligé de boucher ou d'enlever le tuyau de remplissage.

4 Choix d'un entrepreneur, entretien et dépannage

Choix d'un entrepreneur en géothermie

La meilleure façon de vous assurer que l'entrepreneur choisi est fiable et qu'il possède de l'expérience est d'obtenir des références auprès d'anciens clients satisfaits. Sinon, communiquez avec la *Société canadienne de l'énergie du sol* dont les coordonnées apparaissent à la page 31. Vous pouvez également communiquer avec le Bureau d'éthique commerciale du Canada près de chez vous ou avec le fabricant du système pour obtenir une liste des installateurs qualifiés. Communiquez avec au moins trois des entrepreneurs recommandés et obtenez des estimations écrites des travaux. Si vous avez accès à Internet, les quelques mots clés qui peuvent orienter votre recherche sont : « thermopompe », « géothermie », « thermopompe puisant l'énergie dans le sol » et « GeoExchange ». Vous trouverez à la page 31 certains sites Web qui vous seront peut-être utiles.

Contrat de base

Après avoir choisi votre entrepreneur, assurez-vous que le contrat inclut des détails sur ce qui suit :

- analyse des tâches;
- travail à réaliser à chaque étape;
- liste de l'équipement requis;
- ventilation des coûts du matériel et de la main-d'œuvre;
- calendrier des paiements.

Le contrat doit également préciser à qui incombera la responsabilité de la remise en état de l'aménagement paysager et de l'intérieur de la maison, puisque la tâche n'est pas complétée tant et aussi longtemps que le travail n'est pas terminé. Il doit également inclure les calculs de la charge de chauffage et de refroidissement de la maison, toute amélioration ou tout changement à apporter aux conduits, aux ventilateurs ou aux filtres et au *système électrique* ainsi qu'à l'installation et au démarrage du *SG*. On peut y inscrire également la remise à neuf ou le démantèlement et l'enlèvement de l'équipement actuel. Le contrat doit comprendre une liste des personnes responsables de l'approbation et de la certification du travail et clairement indiquer les conditions de la garantie afin de permettre une juste comparaison des contrats. La plupart des *thermopompes* des *SG* sont protégées par une garantie d'un an sur les pièces et sur la main-d'œuvre et de cinq ans dans le cas du *compresseur*. Veillez à ce que l'entrepreneur remplisse, signe et vous remette deux copies de la liste de vérification de l'installation que vous trouverez à l'annexe présentée à la page 32. Enfin, vérifiez si l'entrepreneur possède les assurances voulues pour ce genre de travail, c'est-à-dire une couverture d'au moins un million de dollars en dommages-intérêts pour chacune des tâches majeures (forage des trous ou creusage des fossés, installation de la *thermopompe* et autres travaux).

Entretien et dépannage

Comme c'est le cas pour tout dispositif mécanique, à un moment donné, l'appareil cessera de fonctionner normalement ou s'arrêtera complètement. Voici une liste de points à vérifier avant de communiquer avec le service de réparations.

✔ **Vérifier le filtre à air.** Si l'énergie produite par une *thermopompe* n'est pas déplacée et distribuée dans votre maison assez rapidement, la pression du système frigorigène fermera l'appareil automatiquement avant qu'il ne s'endommage. Si le filtre à air est suffisamment encrassé pour empêcher une circulation adéquate de l'air dans la *thermopompe*, il se fermera également. Le nettoyage du filtre relancera la circulation de l'air. Ne faites jamais fonctionner l'appareil sans filtre à air; le fabricant pourrait en pareil cas annuler la garantie. Il est également possible que certaines bouches d'aération de sortie ou de retour de l'air de la maison aient été bloquées (par exemple, des peintres auraient obstrué les bouches d'aération de certaines pièces qu'ils peignaient).

✔ **Assurez-vous de bien régler le thermostat.** Si le réglage du *thermostat* est modifié accidentellement, l'appareil peut ne pas recevoir le signal de chauffer ou de refroidir votre maison. Certains thermostats disposent d'une commande électrique distincte qui permet de contrôler le système de chauffage ou de climatisation. D'autres affichent des avertisseurs lumineux pour souligner la présence d'un problème dans le système.

✔ **Vérifier si l'interrupteur général ou le disjoncteur de la thermopompe est activé.** Les *thermopompes* munies d'un *appareil de chauffage auxiliaire* disposent habituellement de deux disjoncteurs distincts :

l'un pour le compresseur de la *thermopompe* et l'autre pour l'*appareil de chauffage auxiliaire*. Si le disjoncteur se déclenche lorsque vous l'avez remis en marche, communiquez avec votre entrepreneur ou avec l'entreprise de service de réparations immédiatement.

✔ **Vérifier l'alimentation de la pompe de circulation.** La pompe de la plupart des SG munis d'un *circuit fermé* s'alimente à même la *thermopompe* bien que, parfois, elle dispose d'une alimentation distincte. La pompe d'un puits à *circuit ouvert* (système d'*eau souterraine*) aura probablement sa propre alimentation. Vérifiez la source d'alimentation. Les contrôles de la pompe de puits peuvent exiger des réparations. Si oui, communiquez avec l'entrepreneur qui a installé la pompe de puits et le système de pression.

✔ **Consultez le guide d'utilisation.** Le fabricant de votre *thermopompe* peut donner des recommandations particulières relatives à l'équipement installé dans votre maison qui pourraient régler un problème que connaît votre système.

Lorsque le système conditionne l'air de votre maison, il se forme de la condensation sur le *serpentin* à air à l'intérieur de la *thermopompe*. Un *tuyau d'écoulement* (un tuyau de plastique transparent) est habituellement installé pour drainer l'eau de la *thermopompe* vers un siphon de sol, un puisard ou un drain à siphon. S'il n'existe pas de drain convenable près d'une *thermopompe*, il faudra peut-être installer une pompe pour transporter les condensats dans un drain. La poussière et les saletés peuvent à la longue obstruer le *tuyau d'écoulement*, ce qui aura pour effet de remplir d'eau le bassin placé sous le *serpentin* à air qui débordera sur le plancher. Nettoyer le drain et le boyau règle habituellement ce problème.

Dépannage nécessitant les services d'un entrepreneur

Il peut arriver que votre SG soit en panne ou qu'il demande une réparation. Il se peut également que vous deviez faire appel à des spécialistes qui utiliseront des instruments de diagnostic pour s'assurer que votre appareil fonctionne normalement. Communiquez avec un service de dépannage si :

- l'interrupteur de la *thermopompe* ou de la pompe de circulation se met en marche après chaque réenclenchement;
- la *thermopompe* ne chauffe pas ou ne refroidit pas de façon convenable après que vous avez vérifié si le filtre à air était propre et le réglage du *thermostat* adéquat;
- vous entendez un « gargouillis » de la tuyauterie qui raccorde votre *thermopompe* à la *boucle souterraine*;
- vous entendez un « gargouillis » de la pompe qui fait circuler le liquide dans votre *thermopompe*.

5 Désirez-vous obtenir de plus amples renseignements?

Division de l'énergie renouvelable et électrique
Direction des ressources énergétiques
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléc. : (613) 995-0087
Site Web : http://www.rncan.gc.ca/penser

Centre de la technologie de l'énergie de CANMET
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 13e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Téléc. : (613) 996-9418
Site Web : http://www.rncan.gc.ca/se/etb

Geothermal Heat Pump Consortium, Inc.
701 Pennsylvania Avenue NW
Washington, DC 20004-2696 États-Unis
Tél. : 1 888 255-4436
Site Web : http://www.geoexchange.org

Pour en savoir davantage sur les fabricants, les vendeurs, les distributeurs ou les installateurs de *SG* de votre région, veuillez communiquer avec :

Société canadienne de l'énergie du sol
124, rue O'Connor, pièce 504
Ottawa (Ontario) K1P 5M9
Tél. : (613) 371-3372
Téléc. : (613) 822-4987
Site Web : http://www.earthenergy.ca

Nous vous offrons gratuitement un logiciel pour vous aider.

Les technologies relatives à l'énergie renouvelable, comme le *SG*, peuvent s'avérer un investissement judicieux, possibilité qui peut devenir réalité à l'aide de RETScreen® International. Ce logiciel standardisé d'analyse de projets d'énergies renouvelables vous aidera à déterminer si un *SG* est un bon investissement dans votre cas. Ce logiciel, sur support Microsoft® Excel, comprend également un guide d'utilisation complet et des bases de données de soutien pour faciliter votre évaluation.

Le logiciel RETScreen® International et le guide d'utilisation peuvent être téléchargés sans frais à partir du site Web http://retscreen.gc.ca. Vous pouvez également communiquer avec Ressources naturelles Canada (RNCan) en composant le (450) 652-4621 ou par télécopieur au (450) 652-5177.

Vous pouvez obtenir des exemplaires supplémentaires de cette publication et d'autres publications sur l'énergie renouvelable et sur l'efficacité énergétique en composant sans frais le 1 800 387-2000. Vous pouvez également obtenir un exemplaire de cette publication en visitant le site Web du Réseau canadien des énergies renouvelables (ResCER) à http://www.rescer.gc.ca.

6 Annexe : liste de vérification de l'installation

(Remettre deux copies au propriétaire)

Nom du propriétaire _____ Date _____
Adresse _____
Ville et province _____ Code postal _____ Téléphone _____

Nom de l'entrepreneur _____ Date _____
Adresse _____
Ville et province _____ Code postal _____ Téléphone _____

Type de système : Circuit ouvert Circuit fermé Dimensions de la maison _____
Conception de la charge calorifique (immeuble) _____ Méthode de conception _____
Conception de la charge de refroidissement _____ Méthode _____
Charge d'eau chaude domestique (réglée par le système) _____
Charge calorifique totale _____
Type de système de distribution : Air pulsé Eau chaude
Fabricant de la thermopompe _____ Modèle et n° de série _____
Capacité de chauffage _____ Capacité de refroidissement _____

Inscrire les températures de l'eau (ITE), vérifier la pertinence (Réf. : Norme de la CSA, C13256-1)

ITE-chauffage :	0 °C	10 °C
ITE-refroidissement :	25 °C	10 °C

Système à boucle fermée

Longueur de l'échangeur thermique, si horizontal _____
Modèle d'échangeur thermique, si horizontal : Un tuyau Deux tuyaux
Quatre tuyaux Autres _____

Profondeur et nombre de trous de forage, si verticaux _____
Puissance de l'échangeur thermique selon : Fabricant Logiciel Devis techniques

Si un logiciel est utilisé, nommez-le :

Matériaux de remblai, fossés horizontaux _____
Matériaux de remblai des trous de forage, si verticaux _____
Sorte d'antigel ou d'inhibiteurs _____ Quantité _____
Degré de protection de l'antigel _____ Pression d'essai de la boucle _____
Pression statique du système _____

Système à boucle ouverte

Joindre une copie du dossier du puits d'eau ou d'un essai de pompage du puits et inclure le nombre de puits d'adductions d'eau et de pompes ainsi que leurs caractéristiques.

Notation/Liste de vérification des directives

Système à circuit fermé

Les robinets d'alimentation et de retour sont décrits en conséquence.

La position de l'échangeur thermique submergé est signalée sur le bord.

Une étiquette est placée sur le robinet de charge de la boucle pour indiquer le type d'antigel, la concentration et l'information à l'entrepreneur.

Le propriétaire a reçu la documentation et une garantie du système du fabricant.

Le propriétaire a reçu une feuille de travail sur la visite du site où le système est installé (y compris les dimensions et l'emplacement de tous les tuyaux, le diamètre, la profondeur et la longueur des boucles, des fosses septiques, des conduites d'arrivée d'eau, des limites du terrain, etc.).

Système à circuit ouvert

Les conduites d'alimentation et de retour doivent être marquées au point d'entrée des puits d'eau.

Le propriétaire a été renseigné au sujet des effets possibles d'un système à circuit ouvert sur l'alimentation en eau – qualité et quantité de l'eau, etc.

Le puits d'alimentation en eau est scellé conformément aux méthodes de construction des puits.

Le puits d'eau fournit assez d'eau pour alimenter les besoins domestiques et de la thermopompe au moment de l'installation.

Cette installation a été faite conformément à la norme C448 de la CSA, *Conception et installation de systèmes d'énergie du sol*, et aux règlements actuellement en vigueur.

Nom (en caractères d'imprimerie ou tapé à la machine) _____

Signature _____

Date _____

7 Glossaire

- **Accumulateur de pression** : un élément d'une pompe de puits utilisé pour prévenir un fonctionnement en courts cycles.

- **Analyse du flux d'encaisse** : une étude de nature économique sur le SG qui tient compte du coût d'achat du système (y compris les intérêts payés sur un emprunt lors de l'achat du système) et le coût de l'énergie utilisée pour le faire fonctionner.

- **Antigel** : un agent modificateur ajouté à l'eau dans un système à *circuit fermé* pour abaisser la température au point de congélation de l'eau.

- **Appareil et système de chauffage et de conditionnement de l'air classiques** : un système qui utilise des combustibles courants (*combustibles fossiles*), le chauffage électrique d'appoint et des appareils de condensation à air frais, pour procurer chauffage et refroidissement à la plupart des maisons.

- **Aquifère** : une formation rocheuse ou granulaire (sable ou gravier) dans laquelle l'eau peut être recueillie et à travers laquelle l'eau peut être transférée; de nombreuses formations fracturées ou poreuses peuvent retenir et transférer de grandes quantités d'eau et fournir ainsi une source d'énergie utile à un SG (*voir également* Eau souterraine).

- **Boucle** : un *échangeur thermique* utilisé pour déplacer la chaleur entre la *thermopompe* et le sol en utilisant un liquide comme agent de transfert de la chaleur. Les différentes catégories de boucles utilisées dans un système d'énergie du sol comprennent la :

- **Boucle d'étang** : *voir* Boucle de lac.

- **Boucle fermée** : un système souterrain continuellement scellé et submergé dans lequel circule un fluide caloporteur (*frigorigène*).

- **Boucle horizontale** : des tuyaux enterrés parallèlement au sol.

- **Boucle de lac (également océan, étang)** : des tuyaux scellés disposés pour former des *boucles* et submergés dans un lac (océan ou étang) dans lesquels circule un *frigorigène* qui absorbe ou libère la chaleur de l'eau ou dans l'eau.

- **Boucle d'océan** : *voir* Boucle de lac.

- **Boucle ouverte** : qui récupère et rapporte l'*eau souterraine* ou de surface au moyen d'une pompe de chaleur de source liquide; exige habituellement deux puits – l'un pour en tirer l'eau nécessaire (puits primaire) et un second pour recevoir l'eau recirculée (*puits de retour*).

- **Boucle souterraine** : un tuyau souterrain scellé dans lequel circule un fluide caloporteur pour transférer la chaleur en provenance ou à destination du sol.

- **Boucle verticale** : tuyaux enterrés dans un angle de 90 degrés par rapport au sol.

- **Btu/h** : British thermal units (Btu) par heure. Un Btu représente la quantité de chaleur nécessaire pour augmenter de 1 °F (0,56 °C) la température d'une livre (0,45 kg) d'eau qui se situe à 39 °F (3,9 °C).

- **CFC** : un liquide utilisé comme *frigorigène* dans un SG; c'est un composé toxique s'il est dégagé dans l'air. On produit maintenant des *frigorigènes* non toxiques (*voir également* Frigorigène).

- **Chaleur auxiliaire, appareil de chauffage auxiliaire** : un système d'alimentation de chaleur utilisé comme supplément à la principale source de chaleur. Dans un système résidentiel, les éléments de chauffage électriques sont le plus souvent utilisés pour accroître la chaleur fournie par un SG. La plupart des fabricants de *thermopompes* peuvent installer des *appareils de chauffage* à l'intérieur de la console d'une *thermopompe*.

- **Chaleur à basse température** : une source de chaleur qui n'est pas suffisamment chaude d'elle-même pour réchauffer un endroit habitable.

- **Circuit fermé** : *voir* Boucle fermée.

- **Circuit ouvert** : *voir* Boucle ouverte.

- **Coefficient de performance (chauffage) (COP_c)** : l'évaluation de l'efficacité d'un *appareil de chauffage*, calculée en divisant l'énergie dégagée par la consommation d'énergie.

- **Coefficient de performance (refroidissement) (COP_r)** : l'évaluation de l'efficacité d'un appareil de climatisation, calculée en divisant le refroidissement dégagé par la consommation d'énergie.

- **Combustible fossile** : une substance combustible provenant du pourrissement pendant de très longues périodes de matières organiques sous forte pression, par

exemple, le gaz naturel, le pétrole, le gaz propane ou le charbon.

- **Combustion, produits de** : des particules toxiques qui émanent du brûlage de *combustibles fossiles* comme le pétrole, le gaz naturel, le gaz propane et le charbon; un SG ne produit pas cette sorte d'émanations (*voir également* Émissions, gaz à effet de serre : CO, CO_2, SO_2, NO_x; Réchauffement de la planète).

- **Compresseur** : un appareil qui comprime un gaz *frigorigène* dans une *thermopompe*. Cette activité élève la température et facilite son utilisation pour chauffer soit la maison, soit l'eau chaude sanitaire.

- **Contrôle de réglage, extérieur** : un contrôle utilisé d'abord avec des *systèmes de chauffage par rayonnement à partir du plancher* qui élève ou diminue la température de l'eau qui circule dans un système selon la température extérieure. Lorsque la température est plus froide, une eau plus chaude circule à travers le plancher pour transporter plus de chaleur dans l'espace. Au fur et à mesure que la température extérieure augmente, il faut moins de chaleur et la température de l'eau recirculée dans le plancher peut diminuer. Cette stratégie assure le fonctionnement constant du système de chauffage et augmente à la fois le degré de confort dans la pièce et l'efficacité du système de chauffage.

- **Contrôle de réglage extérieur** : *voir* Contrôle de réglage, extérieur.

- **Coulis, injection de coulis** : un coulage de *coulis* dans un *trou de forage* à partir du fond au moyen d'un tuyau ou d'un boyau et pompé au cours de l'installation de la *boucle verticale* d'un SG (*voir également* Tube à trémie).

- **Court cycle (d'une pompe de puits)** : un cycle par intermittence continue d'un puits de pompe ayant une capacité de pompage trop grande pour un SG. Le *court cycle* peut, lorsqu'une *thermopompe* fonctionne, endommager à long terme le moteur d'une pompe en causant l'usure prématurée de certains éléments et consomme beaucoup plus d'énergie qu'une pompe de puissance appropriée.

- **Coût du cycle de vie** : semblable à l'*analyse du flux d'encaisse*, il est appliqué pour calculer les économies réalisées par un propriétaire de SG; l'analyse du *coût du cycle de vie* tient également compte du coût d'entretien ou de remplacement, ou les deux à la fois, de l'équipement qui s'abîme avec le temps; c'est sans doute la méthode la plus précise pour déterminer le véritable coût d'un SG.

- **CSA International (CSA)** : une organisation canadienne qui détermine des normes de sûreté, de rendement énergétique et de procédures, y compris celles touchant l'installation d'un SG.

- **Cupronickel** : un alliage, ou combinaison métallique, de cuivre et de nickel.

- **Dérivation (avec ou sans)** : *voir* Humidificateur.

- **Désurchauffeur** : un *échangeur thermique* installé dans une *thermopompe* directement après le *compresseur* et conçu pour déplacer une partie de la chaleur du *frigorigène* chaud et vaporisé; il est en pratique prévu de chauffer de l'eau chaude sanitaire dans une *thermopompe* de SG.

- **Dimension, dimensionnement** : le calcul de la capacité d'un système de chauffage et de refroidissement nécessaire basé sur une analyse précise de la perte et du gain de chaleur dans la maison (*voir également* Surdimensionnement, surdimensionné).

- **Droit de passage** : *voir* Servitude.

- **Eau souterraine** : alimentation en eau à partir d'un *aquifère* souterrain (*voir également* Aquifère).

- **Échangeur thermique** : un appareil qui transfère la chaleur entre deux matériaux différents (entre un liquide chaud et un liquide froid, entre un liquide et de l'air, entre un liquide et le sol ou entre l'air chaud et l'air froid) tout en maintenant une séparation physique entre les deux.

- **Échangeur thermique air-air** : *voir* Ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC).

- **Émissions** : des particules toxiques qui émanent du brûlage de *combustibles fossiles* comme le pétrole, le gaz naturel, le gaz propane et le charbon; un SG ne produit pas cette sorte d'émanations (*voir également* Combustion, produits de; Gaz à effet de serre : CO, CO_2, SO_2, NO_x; Réchauffement de la planète).

- **Essai du moteur souffleur** : une méthode pour mesurer le degré d'étanchéité d'une maison en augmentant la pression de l'air à l'intérieur par rapport à celle de l'extérieur.

- **Essai de pompage** : dans un système à *boucle ouverte*, la vérification du volume d'eau nécessaire au fonctionnement efficace d'un SG que le puits primaire et le *puits de retour* fournissent.

- **Excavatrice à chaînes** : un équipement lourd mécanique qui creuse des fossés qui seront utilisés durant l'installation d'une *boucle* de *SG*.

- **Fil de traçage, ruban de traçage** : un fil métallique ou un ruban revêtu d'aluminium placé dans un fossé au-dessus des tuyaux enfouis d'une *boucle* de *SG* afin de les trouver plus facilement plus tard et d'éviter les dommages lors de creusages futurs.

- **Frigorigène sans CFC** : *voir* CFC, Frigorigène.

- **Frigorigène** : un liquide utilisé dans une *thermopompe* qui condense et vaporise à des températures et à des pressions particulières afin de permettre le transfert de l'énergie thermique entre deux échangeurs thermiques *(voir également* CFC).

- **Gaz à effet de serre** : les gaz qui s'échappent lors du brûlage de *combustibles fossiles* comme le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), l'anhydride sulfureux (SO_2) et les oxydes nitreux (NO_x); on les nomme ainsi parce qu'ils permettent au rayonnement solaire de passer, mais empêche le retour de la chaleur de la terre dans l'atmosphère *(voir également* Combustion, produits de; Émissions; Réchauffement de la planète.

- **Groupe compresseur-condenseur** : un élément d'un climatiseur classique qui deviendra inutile si vous installez un *SG*.

- **Gypcrete** : le nom commercial d'un mélange de béton utilisé pour couvrir les tuyaux d'un *système de chauffage par rayonnement à partir du plancher*. Son principal objectif est de diffuser dans l'air de la pièce la chaleur tirée de l'eau chaude qui circule dans les tuyaux.

- **Humidificateur (Avec dérivation, sans dérivation)** : un *humidificateur avec dérivation* fait circuler de l'eau chauffée de la bouche d'air d'un *système de chauffage* et la retourne à l'air de retour d'un *système de chauffage à air pulsé* en la faisant passer dans une substance humide. Un *humidificateur sans dérivation* projette directement un nuage d'eau ou de vapeur dans un courant d'air chauffé qui distribue l'air dans la maison.

- **Infrastructure** : une installation d'ingénierie de grande envergure et permanente comme les routes, les égouts et les pipelines.

- **Isolation acoustique** : un matériau absorbant fixé à l'intérieur du *plenum* et des conduits pour réduire le bruit causé par l'équipement de chauffage ou de refroidissement à air pulsé.

- **Marges de reculement d'une propriété** : des espaces de terrain, habituellement le long des limites d'une propriété, réservés en vertu de règlements municipaux ou provinciaux aux fins de services communs comme les trottoirs.

- **Moteur souffleur** : un moteur électrique utilisé pour faire fonctionner le ventilateur qui fait circuler l'air dans les conduits du système de chauffage et de refroidissement.

- **PEHD** : *voir* Polyéthylène haute densité.

- **Pelle rétrocaveuse** : un appareil excavateur mécanisé, lourd et autotracté utilisé pour creuser la terre lors de l'installation d'une *boucle* de *SG*.

- **Période de récupération simple** : une méthode sommaire pour déterminer les économies d'un *SG* par opposition à un autre système qui peut s'avérer moins coûteux au moment de l'installation. La *période de récupération simple* d'un *SG* est calculée en divisant la différence entre les économies prévues des coûts d'énergie des deux systèmes. On ne tient pas compte des coûts d'entretien et de remplacement des systèmes puisqu'ils s'endommagent à la longue. Une méthode plus précise est l'analyse du flux d'encaisse qui inclut le coût d'achat du système et le coût d'énergie, ou l'analyse du *coût du cycle de vie* qui ajoute le coût de remplacement de l'équipement à plus long terme.

- **Plancher de dalles sur terre-plein** : une expression habituellement appliquée à un plancher de ciment coulé au niveau du sol.

- **Plenum** : un espace encloisonné qui reçoit directement de l'air d'un équipement de chauffage ou de refroidissement. Les principaux conduits de distribution sont raccordés au *plenum* afin de diffuser l'air dans la maison.

- **Point chaud** : un endroit dans une maison où la température élevée produite par un *appareil de chauffage classique* rend l'air beaucoup plus chaud que l'air environnant, habituellement près d'une bouche à air chaud.

- **Polyéthylène haute densité** : une substance synthétique de longue durée utilisée pour fabriquer les tuyaux d'un échangeur énergétique souterrain.

- **Pompe de circulation (ou circulatrice)** : utilisée dans un *SG* pour faire circuler un liquide dans

la *boucle* et dans la *thermopompe*. Le liquide déplace la chaleur entre le sol et la *thermopompe*.

- **Produits de combustion** : *voir* Combustion, produits de.

- **Puits de retour** : un *puits de retour* dans un système de *boucle ouverte* qui retourne l'eau dans un *aquifère*.

- **Raccord souple** : un raccord de conduit ou de tuyau pliable qui prévient le transfert de la vibration de l'équipement de chauffage ou de conditionnement de l'air tel que la *thermopompe* au conduit ou au tuyau principal de la maison.

- **Réchauffement de la planète** : une hausse de la température des océans et de l'atmosphère de la terre en raison de l'échappement de *gaz à effet de serre* tels que le monoxyde de carbone (CO), le dioxyde de carbone (CO_2), l'anhydride sulfureux (SO_2) et les oxydes nitreux (NO_x) *(voir également* Combustion, produits de; Émissions; Gaz à effet de serre : CO, CO_2, SO_2, NO_x).

- **Remise au point de consigne (sur un thermostat)** : le temps pendant lequel un *thermostat* est fermé, durant la nuit par exemple, pour conserver l'énergie. Le *thermostat programmable* permet de déterminer une température particulière à la maison durant différentes périodes de la journée. On peut également l'utiliser pour commander une température plus élevée lorsqu'il fait chaud afin de conserver l'énergie lorsque la maison est climatisée.

- **Robinet inverseur** : un dispositif utilisé pour renverser le flux de *frigorigène* dans une *thermopompe* pour lui permettre de chauffer ou de climatiser une pièce.

- **Serpentin (air, eau)** : un *échangeur thermique* qui transfère la chaleur entre l'air et un *frigorigène* est parfois appelé *serpentin* à air, alors que celui qui transfère la chaleur entre le *frigorigène* et le liquide qui circule dans la *boucle* est souvent appelé *serpentin* à eau.

- **Servitude (également droit de passage)** : le droit légal accordé, en raison d'intérêt public, à des entreprises de services publics, comme les fournisseurs d'électricité ou de pipeline, afin d'accéder à une propriété privée ou de la traverser.

- **SG** : *voir* Système géothermique.

- **Société canadienne de l'énergie du sol** : un organisme qui a été formé par des entrepreneurs, des fabricants et des concepteurs de *SG* dans le but de promouvoir, au Canada, l'installation adéquate de systèmes géothermique de qualité.

- **Solive** : une des poutres parallèles de bois ou de métal installée entre deux murs dans une maison pour soutenir le plancher ou le plafond.

- **Source d'eau froide** : un endroit d'où la *thermopompe* transfère la chaleur tirée d'une « source de chaleur ». Dans un *SG*, le sol est une source de chaleur lorsqu'une maison est chauffée et une source d'eau froide lorsqu'elle est refroidie.

- **Surdimensionnement, surdimensionné** : un *système de chauffage* ou de refroidissement trop puissant pour la grandeur de la maison. Un tel système ne fonctionnera que durant une courte période avant d'atteindre une température de la maison satisfaisante et ne fonctionnera pas avec autant d'efficacité qu'un système d'une puissance appropriée puisque la plupart des systèmes prennent plusieurs minutes avant d'atteindre leur meilleur rendement *(voir également* Dimension, Dimensionnement).

- **Système de chauffage et de climatisation classique** : *voir* Appareil et système classiques.

- **Système de chauffage par rayonnement à partir du plancher** : un *système de distribution* de la chaleur qui réchauffe le plancher (habituellement en faisant circuler de l'eau chaude dans des tuyaux installés dans le plancher, ou avec des éléments électriques placés dans la structure du plancher). La chaleur est diffusée dans la pièce par toute la surface du plancher. L'eau peut être chauffée par un *système de chauffage à eau chaude*. Connu également sous le nom de système de chauffage par rayonnement dans le plancher ou simplement dans le plancher.

- **Système de distribution** : un système qui distribue de l'air (ou de l'eau) chaude [ou refroidie] alimenté par un *système de chauffage* à la maison. Les conduits sont habituellement utilisés dans un système à air pulsé et des conduites d'eau, dans un système de chauffage à eau chaude.

- **Système géothermique (SG)** : un système qui transfère la chaleur du sol à un bâtiment, ou vice versa; ce système est formé d'une *thermopompe* raccordée à un *circuit fermé* ou *ouvert* et d'un *système de distribution* de la chaleur à air pulsé ou à eau chaude.

- **Système de puits à eau** : une *boucle ouverte* d'un *SG*; habituellement formée de deux puits creusés : un puits primaire et un *puits de retour*.

- **Taux de rendement énergétique (TRE)** : une mesure de l'efficacité de refroidissement ou de conditionnement de l'air d'un appareil électroménager calculée en divisant le rendement du refroidissement en *Btu/h* par la consommation d'énergie en watts.

- **Thermopompe** : un appareil au cœur d'un *SG* qui extrait la chaleur d'une source pauvre (le sol, par exemple) au moyen d'une *boucle ouverte* ou *fermée* et la concentre pour chauffer un espace. Il inclut un *compresseur*, un *moteur-souffleur* et une *pompe de circulation*. Un *robinet inverseur* permet de changer les fonctions pour fournir soit de l'air conditionné, soit de l'air chaud à la maison. Il peut exister sous forme de console ou être eau-eau.

- **Thermopompe à boucle souterraine (TBS)** : une autre expression pour définir une *thermopompe* qui retire de la chaleur de la terre (*voir également* Système géothermique).

- **Thermopompe à eau souterraine (TES)** : une autre expression pour définir une *thermopompe* qui retire de la chaleur d'un système de puits d'eau ouvert.

- **Thermopompe-console** : une pompe conçue pour chauffer ou refroidir l'air sans la brancher à un *système de distribution* ou à des conduits d'air et utilisée principalement pour une pièce seulement (*voir également* Thermopompe).

- **Thermopompe eau-eau** : une *thermopompe* qui produit de l'eau chaude ou froide. L'eau chaude ou l'eau froide sert à transporter l'énergie qui utilise l'eau comme fluide caloporteur. L'eau chaude est souvent utilisée dans un *système de chauffage par rayonnement à partir du plancher* et l'eau froide avec un *ventilo-convecteur*; on peut également s'en servir pour chauffer l'eau à des fins sanitaires.

- **Thermostat** : un interrupteur qui met en marche ou arrête le système de chauffage et de conditionnement de l'air selon la température de l'endroit où il est placé (*voir également* Thermostat programmable).

- **Thermostat programmable** : un dispositif qui contrôle la *thermopompe* d'un *SG*; il peut être réglé électroniquement pour effectuer diverses tâches (*voir également* Thermostat).

- **Trou de forage** : un trou vertical percé dans la terre pour y placer un tuyau qui transférera la chaleur du sol.

- **Tube à trémie** : *voir* Coulis, injection de coulis.

- **Tuyau d'écoulement** : une ouverture permettant aux gouttelettes d'eau (les condensats) qui se sont formées sur le *serpentin* à air de la *thermopompe* quand il conditionne l'air et qui sont recueillies dans un bassin de condensation, de s'égoutter.

- **Tuyaux en polyéthylène réticulé** : des tuyaux qui résistent à des températures plus élevées que celles auxquelles résistent les tuyaux en *PEHD*, utilisés dans des systèmes de chauffage dans le plancher (connus également comme *systèmes de chauffage par rayonnement à partir du plancher*), des systèmes de tuyauterie d'eau sanitaire et autres.

- **Tuyau à trémie** : un équipement utilisé durant l'installation d'une *boucle verticale*; un tuyau est descendu au fond du *trou de forage* afin d'y pomper du *coulis* de ciment; ce tuyau est remonté au fur et à mesure que le trou se rempli (une exigence de la CSA), en vue d'éliminer les poches d'air et d'assurer une bonne prise avec le sol. (*voir également* Coulis, injection de coulis).

- **Vase d'expansion** : un conteneur raccordé à un système à liquide tel qu'une *boucle souterraine* ou un *système de chauffage par rayonnement à partir du plancher*, pour permettre l'expansion ou la contraction du liquide lorsque surviennent des changements de température.

- **Ventilateur-récupérateur de chaleur (VRC)** : un *échangeur thermique* qui récupère la chaleur de l'air retiré de la maison et le transforme en air frais pour alimenter la maison. En pratique, de 60 à 75 p. 100 de la chaleur tirée de l'air vicié est récupérée et transformée en alimentation d'air frais (*voir également* Échangeur thermique air-air, Dimension, dimensionnement).

- **Ventilo-convecteur** : un *échangeur thermique* eau-air relié à un ventilateur qui chauffe ou refroidit l'air en utilisant de l'eau chaude ou froide comme source.

Table de conversion

Pour convertir	En	Multiplier par
Btu/h	watts	0,293
Btu/h	kilowatts	0,000293
watts	Btu/h	3,413
kilowatts	Btu/h	3413,000
m^2	pi^2	10,760
pi^2	m^2	0,093
mètres	pieds	3,281
pieds	mètres	0,305
litres	gallons US	0,264
gallons US	litres	3,785
gallons impériaux	litres	4,546
°C	°F	1,800 et ajouter 32
°F	°C	soustraire 32 et 0,555

Questionnaire à l'intention du lecteur

Merci de l'intérêt que vous portez envers la publication *Les systèmes géothermiques résidentiels : Guide de l'acheteur* de RNCan. Afin de nous aider à mieux vous servir et d'améliorer les éditions futures, nous vous prions de prendre quelques minutes pour répondre aux questions suivantes.

Où avez-vous trouvé un exemplaire du *Guide de l'acheteur?*

- ☐ Brochure d'introduction (RNCan)
- ☐ Commerçant
- ☐ Magasin de détail
- ☐ Société canadienne de l'énergie du sol
- ☐ Salon professionnel
- ☐ Autre
- ☐ Autre association qui s'intéresse à l'énergie renouvelable

Cette brochure vous a-t-elle renseigné? ☐ Oui ☐ Non

Que saviez-vous des systèmes géothermiques avant de lire *Le guide de l'acheteur?*

☐ Tout ☐ Plusieurs choses ☐ Un peu ☐ Très peu ☐ Rien

Veuillez évaluer les caractéristiques suivantes :

	Excellent	Bon	Moyen	Satisfaisant	Médiocre
Texte facile à comprendre	☐	☐	☐	☐	☐
Longueur	☐	☐	☐	☐	☐
Clarté	☐	☐	☐	☐	☐
Intégralité	☐	☐	☐	☐	☐
Photographies	☐	☐	☐	☐	☐
Graphiques	☐	☐	☐	☐	☐
Présentation	☐	☐	☐	☐	☐

N'hésitez pas à nous faire part de vos commentaires et de vos suggestions.

Si vous achetez un système, ce sera pour :

☐ une maison ☐ un commerce ☐ autre (veuillez préciser)

Je désire recevoir plus d'information sur les systèmes géothermiques résidentiels. ☐

Aimeriez-vous recevoir une liste des marchands ou des installateurs de votre région? ☐

Veuillez inscrire les renseignements suivants en lettres moulées.

Nom :

Adresse :

Ville : Province : Code postal :

Téléphone : Courriel :

Après avoir rempli ce formulaire, veuillez l'expédier à l'adresse suivante :

Division de l'énergie renouvelable et électrique
Ressources naturelles Canada
580, rue Booth, 17e étage
Ottawa (Ontario) K1A 0E4
Télécopieur : (613) 995-0087

Merci